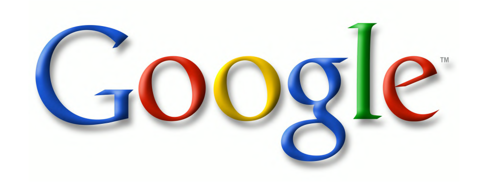
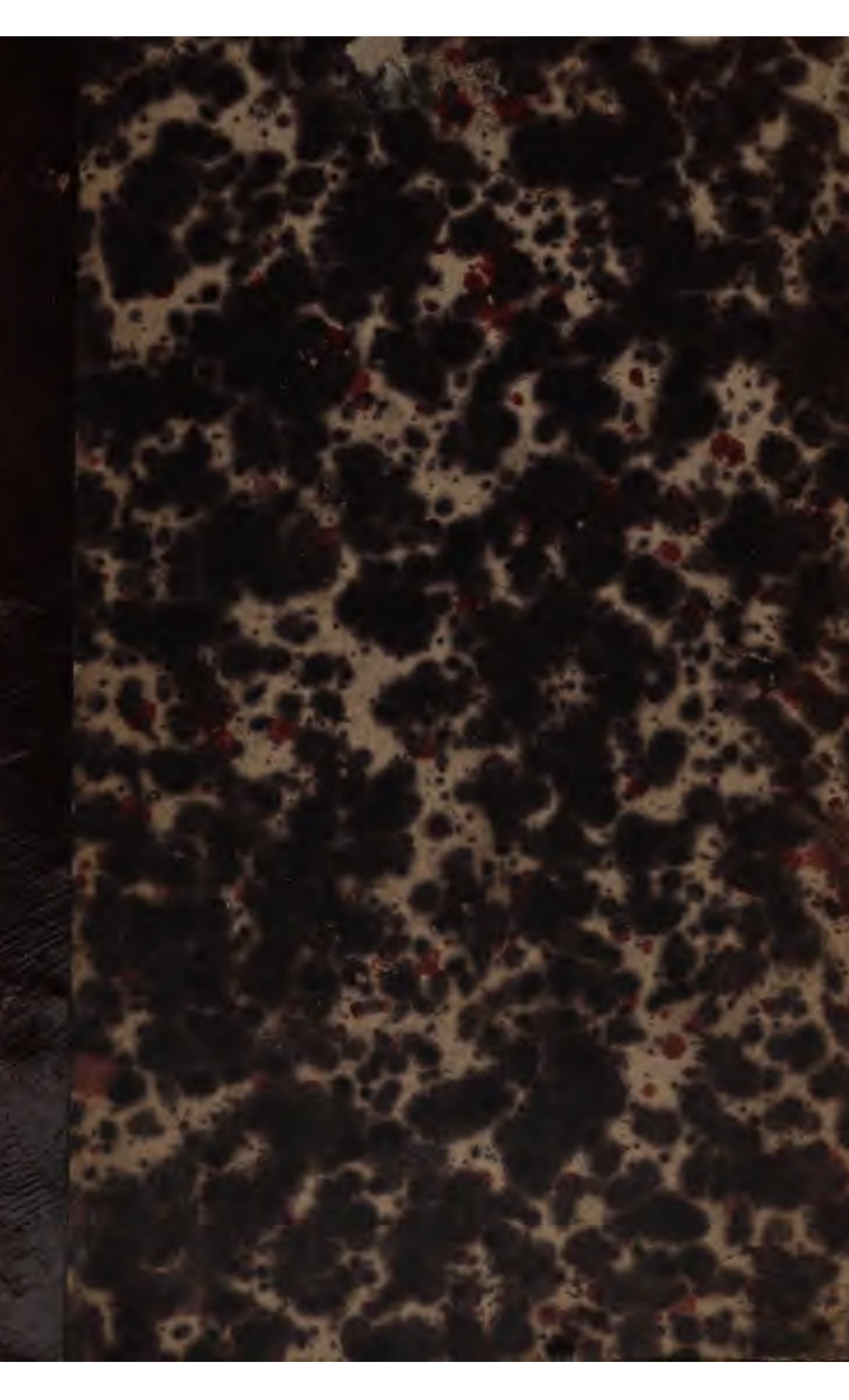








JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES

PARIS. — TYPOGRAPHIE DE H. V. DE SURCY ET Ce RUE DE SÈVRES, 37.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES

ET DE L'ÉTAT-MAJOR,

PUBLIÉ

SUR LES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES OFFICIERS
DES ARMÉES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES,

PAR

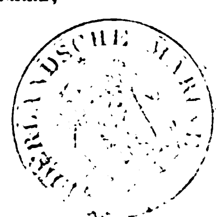
J. CORRÉARD,

Ancien ingénieur.

TOME XI. — 3e SÉRIE.

PARIS,
LIBRAIRIE MILITAIRE, MARITIME ET POLYTECHNIQUE
DE J. CORRÉARD,
LIBRAIRE-ÉDITEUR ET LIBRAIRE-COMMISSIONNAIRE,
Rue Christine, 1.

1852



JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

HISTOIRE
DE
L'ANCIENNE INFANTERIE FRANÇAISE.

Par Louis Susane, chef d'escadron d'artillerie.

RÉGIMENT ROYAL DE L'ARTILLERIE.

Ultima ratio.

COLONELS-LIEUTENANTS ET INSPECTEURS.

1. Duc du LUDE (Henri de Daillon), 4 février 1671.
2. Duc d'HUMIÈRES (Louis de Crévant), 17 novembre 1685.
3. Duc du MAINE (Louis-Auguste de Bourbon), 10 septembre 1694.
4. Comte d'EU (Louis-Charles de Bourbon) 12 mai 1710.
5. de VALLIÈRE (Jean-Florent), 14 février 1720.
6. de VALLIÈRE (Joseph), 9 mars 1747.
7. de GRIBEAUVAL (Jean-Baptiste Wacquette), 1er janvier 1777.

Ce régiment, depuis sa création en 1671, jusqu'à la désorganisation de l'ancienne armée, a constamment fait partie de l'infanterie, marchant au rang qui lui est assigné ici. C'est à ce titre que nous devons nous en occuper dans *l'Histoire de l'ancienne infanterie française*. On nous pardonnera cependant si nous donnons à la notice de ce corps, qui, par le fait, avait une constitution, des priviléges et un service distincts, plus de développement qu'à celle des autres régiments de la même ancienneté. Nous traiterons Royal-Artillerie comme un vieux corps, c'est-à-dire que nous remonterons un instant vers le moyen âge, pour constater qu'il y avait des artilleurs bien avant qu'on

eût songé à les enrégimenter. Il faut bien d'ailleurs que le bout de l'oreille perce quelque part.

Le mot *artilleur*, ou *artiller*, est plus ancien que l'invention de la poudre, ou plutôt que l'application de la force expansive des gaz contenus dans cette composition. Dès le temps des croisades, l'ensemble des machines de guerre de toute espèce, grandes et petites, névrobalistiques, à contre-poids, contondantes, incendiaires, imaginées pour produire des effets auxquels la force musculaire de l'homme n'eût point suffi, et du personnel spécial occupé à construire et à mettre en jeu ces machines, était appelé du nom d'*artillerie*, expression dont le sens est clair et convenable, puisqu'il dérive du terme latin, *ars*, *artis*, qui résume les connaissances variées qu'exige le métier.

Le mot *artillerie*, qu'au moyen âge on écrivait quelquefois *attillerie*, sans doute par euphonie, est évidemment le frère germain d'*atelier*, *attirails*, *artificier*, *artisan*. L'artisan, qui appliquait son intelligence et son adresse aux choses de la guerre, s'était distingué de la masse des ouvriers, en se faisant appeler *artiller*, ainsi que de nos jours le nom nouveau d'*artiste* a été adopté par les personnes exerçant un état qui demande du goût, de la délicatesse et le sentiment du beau (1).

Dans les républiques aristocratiques de l'antiquité,

---

(1) Le verbe *artiller* a été autrefois le synonyme d'*armer*, *fortifier*. On disait d'un vaisseau armé en guerre, qu'il était *artillé*. L'adjec-

ainsi que sous les Césars, le service des machines de guerre était généralement abandonné aux affranchis et aux esclaves, qui, seuls à peu près à cette époque, étaient assez abjects pour savoir faire autre chose que manger, boire, dormir, cabaler et se battre. Dans les armées romaines, ils obéissaient à un chef, pris dans la classe des chevaliers ou publicains, qui portait le titre de *magister fabrûm*.

Il en fut de même en France sous le régime féodal. Les préjugés chevaleresques, qui, jusqu'au XVI[e] siècle, tinrent la noblesse éloignée du service à pied et qui entravèrent le développement de celui-ci, ont fait peser leur influence pendant plus longtemps encore et bien plus énergiquement sur le service de l'artillerie. Un bon gentilhomme, qui croyait déjà déroger en descendant de cheval et en se mêlant aux vilains qui formaient l'infanterie, et dont la science n'allait pas toujours jusqu'à savoir signer son nom, ne pouvait pas, en effet, s'abaisser à ce point de diriger des opérations, dont la conduite exigeait la con-

---

tif artilleux se trouve dans le *Roman de la Rose*, dans le sens d'ingénieux, subtil.

Les chercheurs d'étymologie, ne se sont point laissés arrêter par l'évidence. Ils ont fait venir artillerie de l'italien *artiglie*, qui veut dire *serres d'aigle*; de *arte gli era*, phrase inintelligible, à moins qu'elle ne signifie *ils avaient de l'art*; de *arte di tirare*, etc, ou bien du latin *arcus telum*, *ardens telum*, et même de *ars tollendi*. Le général Bardin, dans son *Dictionnaire de l'armée de terre*, observe que cette dernière étymologie pourrait bien être une épigramme. La remarque est plus piquante que l'épigramme, si épigramme il y a.

naissance et même la pratique des arts mécaniques.

Les progrès du corps de l'artillerie ont toujours été intimement liés aux progrès faits par l'infanterie, avec laquelle il était confondu. C'est en inventant des armes de plus en plus efficaces et maniables, en les essayant d'abord eux-mêmes, en les vulgarisant ensuite dans les bandes de gens de pied, que les artilleurs, hommes d'élite et initiateurs de la roture, ont de jour en jour agrandi le rôle de l'infanterie, élevé celle-ci au niveau de la cavalerie, et amené la noblesse à ne plus apercevoir de différence entre ces deux services. Ce résultat était obtenu au commencement du règne de Louis XIV. C'est aussi à partir de ce moment que l'artillerie, se réservant le maniement des machines les plus compliquées et les plus énergiques, commence à se constituer elle-même à part et à poser les bases de son organisation en troisième arme, destinée dans les circonstances les plus solennelles de la guerre à porter les coups décisifs, *ultima ratio*.

Au moyen âge, quand une entreprise militaire exigeait l'emploi des machines, on avait recours à des maîtres-ouvriers, qui fournissaient tout ce qui était nécessaire et embauchaient pour la campagne un certain nombre de compagnons de divers états. Lorsque les armes à feu commencèrent, au XIIIe siècle, à se substituer aux anciens engins, il se forma dans beaucoup de villes une nouvelle corporation d'ouvriers sous les noms de bombardiers, de canonniers, de poudriers, etc. Les maîtres-canonniers et bombar-

diers vendirent leurs services, comme avaient fait les artillers, leurs prédécesseurs, et les vendaient fort cher, car un bon maître-bombardier était payé jusqu'à vingt florins d'or par mois. Il est vrai que c'était le temps des secrets et qu'il y avait alors tel artisan, qui possédait sur son métier des connaissances assez étendues, pour être en état de faire ce que plusieurs autres n'eussent pu accomplir en se réunissant.

De même que les milices des communes donnèrent lieu à l'organisation des milices féodales, les maîtres-canonniers des villes firent naître les maîtres-canonniers des fiefs et des abbayes. Les uns et les autres étaient appelés dans les armées du roi.

Pendant qu'ils étaient en campagne, les maîtres-ouvriers et leurs compagnons étaient sous les ordres du Grand maître des arbalétriers. Quelquefois, quand l'artillerie d'une armée était considérable, on plaçait à sa tête un *maître de l'artillerie* qui servait d'intermédiaire entre le Grand maître des arbalétriers et les maîtres-ouvriers. Cet officier n'avait qu'une commission temporaire et spéciale. Le Grand maître des arbalétriers exerçait seul des droits absolus et permanents sur l'artillerie, comme il résulte de l'extrait suivant des *Titres de Rochechouart-Champdenier*, cité par Daniel.

« Le maître des arbalétriers, de son droict, a toute la cour (juridiction), garde et administration, avec la cognoissance des gens de pied étant en l'ost où chevauche le Roy, et de tous les arbalétriers, des ar-

cours, de maîtres d'engins, de canonniers, de charpentiers, de fossoyers, et de toute l'artillerie de l'ost; à toutes les monstres a l'ordonnance sur ce, à la bataille premier assied les écoutes (sentinelles), envoye querre le cry la nuict; et, se ville, forteresse, ou château est pris, à luy appartient toute l'artillerie, quelque soit, qui trouvée y est; et, se l'artillerie de l'ost est commandée à traire sur ennemis, le revenant de l'artillerie est à luy...... »

Les choses restèrent en cet état jusqu'au règne de Louis XI. Seulement, comme les maîtres-artilleurs, habilesà fabriquer et à servir les machines de guerre, étaient rares; que les fondeurs de bombardes, les bons poudriers et les canonniers experts étaient particulièrement dans ce cas; qu'ils étaient même pour la plupart étrangers, allemands et italiens; qu'il était devenu de plus en plus important de s'assurer leur concours et de se les attacher; on leur avait concédé des priviléges et ils avaient obtenu des brevets du Grand maître. L'État, souvent pris au dépourvu par des guerres inopinées, avait aussi commencé à sentir la nécessité de posséder lui-même un matériel d'artillerie toujours disponible et judicieusement réparti sur divers points du royaume. Pour la garde et l'entretien de ce matériel, et pour la surveillance des ouvriers appelés à le servir à la guerre, on avait créé des offices permanents de *maîtres et visiteurs de l'artillerie*. Ces maîtres de l'artillerie, subordonnés au Grand maître des arbalétriers, et

qu'on voit paraître dès le XIIIe siècle, répondaient aux officiers nommés plus tard *lieutenants-généraux de l'artillerie*, et réunissaient les attributions des généraux commandants et des colonels-directeurs d'aujourd'hui.

La certitude qu'il y eut, dès le XIIIe siècle, plusieurs départements d'artillerie, résulte de l'observation des faits. En 1291, sous Philippe le Bel, Guillaume de Dourdan est maître de l'artillerie du Louvre et Guillaume Chatelain est maître de l'artillerie de Montargis. Jean du Lyon, établi le 6 janvier 1345 (nouveau style) à la garde de l'artillerie du Louvre, était précédemment garde et visiteur de l'artillerie au bailliage de Vermandois. On trouve, vers 1418, un maître de l'artillerie, nommé Jean Gaude, qui avait autorité ailleurs qu'au Louvre. Le 7 janvier 1422, Pierre Caresme est commis au fait et gouvernement de l'artillerie pour le Languedoc et la Guyenne. Pierre l'Hermite est qualifié, en 1436, de maître de l'artillerie et n'était pas au Louvre. Jean Bureau de Montglas est dans le même cas,; il exerce cette charge en 1439, au siége de Meaux.

Nous croyons aussi que c'est à tort que l'on commence à Jean du Lyon la liste des Grands maîtres de l'artillerie. La charge de Grand maître de l'artillerie a succédé à celle de Grand maître des arbalétriers, et ne pouvait point coexister avec celle-ci. Ce qui a pu jeter dans cette erreur, c'est que les maîtres et visiteurs de l'artillerie du Louvre prenaient ou

recevaient le titre de maîtres de toutes les artilleries de France ; mais, au xve siècle, ce titre redondant voulait simplement dire que leur autorité s'étendait sur tout le duché de France, sur la province d'Isle de France, et non point sur tout le royaume.

Quoi qu'il en soit, comme l'arsenal du Louvre était le plus important et probablement le plus ancien de tous ; comme il est resté sous la direction immédiate du Grand maître de l'artillerie, et, qu'à ce point de vue restreint, le Grand maître de l'artillerie était bien le successeur des maîtres de l'artillerie du Louvre, nous donnons ici la liste de ces derniers officiers, telle qu'elle nous est parvenue, en faisant toutefois remarquer que Jean du Lyon, suivant toute apparence, n'a pas été le premier (1).

Voici cette liste :

Jean du Lyon, nommé le 6 janvier 1345.
Milet du Lyon, son fils, le 1er novembre 1378,
Jean de Soisy, le 22 février 1398,
Mathieu de Beauvais, le 17 juin 1407,
Etienne Lambin, le 4 septembre 1411,
Mathieu de Beauvais, pour la deuxième fois, le 26 janvier 1414,
Nicolas de Manteville, le 4 mai 1415,
Jean Petit, le 7 octobre 1418,

(1) La Chesnaye des Bois donne comme prédécesseurs de Jean du Lyon au Louvre, Guillaume de Dourdan en 1291, Guillebert en 1294, Jean en 1298, Benoit Fabry en 1307, Adam en 1314, et Lambert Amigard en 1322.

Pierre BESSONEAU, le 1er octobre 1420,

Gaspard BUREAU de VILLEMOMBLE, le 27 décembre 1444 (1).

Gaspard Bureau, le plus célèbre des maîtres de l'artillerie du Louvre, fut contemporain des réformes que Charles VII tenta d'introduire dans l'armée, afin de la tirer du chaos féodal. C'était un homme très-versé dans son art et très-considéré. Peut-être ne fut-il point étranger à quelques-unes des bonnes mesures arrêtées par le roi, et notamment à l'ordonnance du 28 avril 1448 qui essayait de constituer l'infanterie en créant les Francs-archers.

Sous sa longue et habile administration, la charge de maître et visiteur de l'artillerie du Louvre acquit une grande importance aux dépens de celle du Grand maître des arbalétriers, qui était destinée à disparaître avec les engins névrobalistiques.

Gaspard Bureau, en recherchant avec soin et persévérance, en France et à l'étranger, toutes les inventions qui tendaient à améliorer l'artillerie à feu, en réunissant autour de lui les canonniers les plus habiles, en remplissant les magasins du Louvre des machines les plus parfaites, travaillait dans le même sens que la puissance royale, occupée à cette époque de combiner les moyens d'avoir raison des grands feudataires. Aussi Louis XI, ce roi qu'on ne peut

(1) Sous le règne des Anglais, la charge de maître de l'artillerie de France fut occupée successivement par Philibert de Molans, nommé le 15 septembre 1420, Raymond Marc, nommé le 24 avril 1432, et Guillaume de Troyes, le 27 janvier 1433.

s'empêcher d'admirer, donna-t-il au fidèle serviteur, le 15 septembre 1561, peu de jours après son avénement à la couronne, « en reconnoissance de ses grands et louables services, l'office de *Général-réformateur et visiteur* des œuvres et ouvriers du *royaume de France*, en tant de maçonnerie, charpenterie, qu'autres métiers qui en dépendent, et la capitainerie du Louvre. »

A la mort de Gaspard Bureau, arrivée en 1469, la charge agrandie de maître de l'artillerie du Louvre ou de France fut donnée à Hélion, seigneur de La Mothe au Groing, qui se vit contester sa suprématie par Gobert Cadiot, autre maître de l'artillerie. Louis XI trancha leur différend, le 31 janvier 1470, en commettant un grand seigneur au *gouvernement de toutes les artilleries*. Ce grand seigneur était Louis, sire de Crussol, de Beaudisné, de Lévis et de Florensac. Cette mesure nous semble avoir été le coup de grâce porté à l'autorité et à la considération du Grand maître des arbalétriers.

Hélion de La Mothe au Groing finit par se démettre; sa charge fut accordée, le 31 mai 1472, à Gobert Cadiot son compétiteur, et la mission du sire de Crussol se trouva terminée.

A Gobert Cadiot, tué au siége de Lectoure, succédèrent Guillaume Bournel de Lambercourt, nommé le 15 août 1473, Jean Cholet de la Choletière, pourvu le 7 décembre 1477, et Guillaume Picard, seigneur d'Esteland et Bourgachard, commissionné le 3 octobre 1479.

Ce fut pendant l'exercice de ces successeurs de Gaspard Bureau, que le personnel de l'artillerie fut l'objet d'un premier essai d'organisation militaire, et, suivant nous, ce dut être dans les années 1469 ou 1470.

On se rappelle que nous avons placé à cette époque la reconstitution des Francs-archers par Louis XI, que cette reconstitution fut basée sur le partage du royaume en quatre gouvernements, et que chacun de ces gouvernements eut un corps, ou légion de 4,000 Francs-archers, commandé par un capitaine général. Nous regardons comme infiniment probable, qu'à chacun de ces corps fut attachée une bande d'hommes de métiers, spécialement chargée du service de l'artillerie, et voici les faits sur lesquels cette opinion peut s'asseoir.

En 1478, après la mort de Jean d'Auxy, Grand maître des arbalétriers, cette charge est supprimée, et l'on voit quatre maîtres de l'artillerie devenir au même moment chefs suprêmes de quatre bandes de gens de pied d'une institution antérieure.

Jean Cholet, maître général et visiteur de l'artillerie du Louvre, hérite de la première, celle qu'on appelait *la grande bande;*

Jacques Galiot a la seconde, dite *bande de Bertrand de Samand*, du nom de son capitaine;

Perceval de Dreux a la troisième, surnommée *la bande des bastons*, et dont Guillaume Bachelier, dit Rousselet, était le capitaine;

Enfin Gérard de Samand, maître de l'artillerie au

département de Normandie, possède, lui aussi, une bande.

Ainsi, à l'instant où la charge de Grand maître des arbalétriers disparaît et va faire place à celle de Grand maître de l'artillerie, il existe des bandes spéciales affectées au service de l'artillerie ; ces bandes, en même nombre que les départements des Francs-archers, avaient déjà quelques années d'existence, puisqu'elles étaient connues par des sobriquets ; il n'y a donc rien de hasardé à rattacher leur établissement à la mesure générale prise par Louis XI, vers 1469, pour l'amélioration du service à pied. On remarquera que l'une de ces quatre bandes d'artillerie devait être munie d'armes à feu, car le mot *bâton*, ou *canne*, s'appliquait dans ce temps-là aux canons de petite dimension.

On peut aussi juger par induction que les bandes d'artillerie valaient mieux que les corps de Francs-archers auxquels elles étaient attachées, car elles ne subirent point les effets du courroux de Louis XI après la bataille de Guinegate, et restèrent sur pied encore quelque temps. Ainsi, Jean Barrabin de Beauregard, capitaine de la grande bande et qui a le premier porté le titre de lieutenant-général d'artillerie, en sa qualité d'adjoint au maître général du Louvre, était encore à la tête de sa compagnie en décembre 1479 ; François de Samand remplaça Bertrand de Samand comme capitaine de la seconde bande, le 5 octobre 1480.

La suite au prochain numéro.

DES ARTIFICES ÉCLAIRANTS

EN USAGE A LA GUERRE

ET DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE,

PAR MARTIN DE BRETTES,

CAPITAINE-COMMANDANT AU 3e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

CHAPITRE II.

Application aux signaux et à l'éclairage.

Avant de nous occuper spécialement des signaux et de l'éclairage, il est bon de remarquer que, sous ce double point de vue, la lumière électrique peut être employée, soit momentanément, soit d'une manière continue, pendant un temps plus ou moins long. Il est donc nécessaire de pouvoir la produire à volonté, de manière à pouvoir satisfaire à cette double exigence.

La lumière momentanée est facile à produire, car il suffit simplement de fermer ou d'interrompre le circuit voltaïque pour qu'elle se manifeste ou disparaisse aussitôt.

Il n'en est pas ainsi quand il s'agit d'obtenir une lumière continue et constante pendant un temps indéterminé. Dans ce cas, les cônes de charbon entre

lesquels jaillit l'étincelle, s'usent par leur combustion. L'usure a lieu très-lentement, il est vrai, environ 0m,01 à 0m,02 par heure, mais à mesure qu'ils brûlent, l'étincelle devient de moins en moins brillante, et cesse complétement quand la distance des pointes est de quelques millimètres, à moins d'employer une très-forte pile, comme celle dont Davy fit usage. Il est donc nécessaire, en général, pour obtenir une lumière constante, de maintenir les aiguilles de charbon à une distance aussi constante que possible. On y parvient par deux moyens : soit immédiatement, avec la main ou avec une vis de rappel; soit par un mécanisme spécial opérant lui-même le rapprochement des charbons à mesure qu'ils brûlent. Le premier moyen est applicable quand l'étincelle est produite à terre ou à une petite distance du sol; mais à grande hauteur, l'emploi d'un mécanisme régulateur du mouvement des charbons est indispensable.

La science et l'art ont heureusement trouvé et exécuté, pour cet objet, des mécanismes aussi simples qu'ingénieux. En Angleterre, en France, en Suisse, on a construit et expérimenté divers appareils destinés à régulariser mécaniquement la combustion uniforme des cônes de charbon, et à produire ainsi une lumière constante. Les expériences ont bien réussi et réalisé les espérances des inventeurs.

Ces appareils ont généralement pour objet de produire le rapprochement des charbons à l'aide du courant magnétique ; c'est ce qui résulte du passage sui-

vant extrait de la Bibliothèque de Genève (1), qui donne une idée générale de ces mécanismes. « Le principe qui sert de base à ces genres d'appareils consiste à employer le courant magnétique, dont l'arc voltaïque fait partie, à aimanter un électro-aimant dont l'action, sur une pièce de fer doux annexée à un ressort qui porte une des pointes de charbon, éloigne cette pointe de l'autre en tendant le ressort. Dès que la distance entre les pointes devient trop grande, l'arc voltaïque n'a plus lieu, le courant cesse, l'aimantation également, et le ressort, en se détendant, ramène les deux pièces de charbon en contact ; aussitôt le courant passe de nouveau, l'écartement des pointes s'opère et l'arc reparaît. »

Parmi les appareils expérimentés, nous citerons celui de M. Foucault, qui a été connu le premier par une communication faite à l'Académie des sciences dans la séance du 7 février 1849.

M. Delarive, physicien distingué de Genève, en a construit un beaucoup plus simple que celui de M. Foucault. Il ne renferme aucune pièce d'horlogerie et se trouve être la traduction toute simple du principe que nous venons d'énoncer, nous ignorons en quoi il consiste. D'après l'auteur, cet appareil fonctionne très-bien et remplit parfaitement l'objet pour lequel il a été imaginé, c'est-à-dire de donner une lumière électrique constante.

(1) 1849, n° 10.

Ainsi, avec l'électricité on peut produire à volonté une lumière momentanée, ou d'une intensité constante pendant un temps plus ou moins long, selon les besoins. (Voir, note A, à la fin du ch. IV.)

Maintenant, passons à l'application de cette lumière, aux signaux et à l'éclairage.

Cette application exige qu'on puisse satisfaire aux trois conditions suivantes :

1° Placer le foyer lumineux ou les deux charbons en contact, au point où l'on veut ;

2° Faire communiquer chaque charbon avec un pôle de la pile, quelle que soit la distance ;

3° Produire et éteindre la lumière à volonté, ou, ce qui revient au même, former et interronpre le circuit voltaïque selon les besoins.

Nous indiquerons comment on parvient à satisfaire à ces trois conditions fondamentales.

Les signaux lumineux peuvent être classés en deux divisions, l'une renfermant ceux qui sont près de terre, que nous appellerons *signaux terrestres ;* et ceux qui se produisent à une grande hauteur; nous les désignerons sous le nom de *signaux aériens*.

On produit le signal lumineux terrestre en plaçant simplement les cônes de charbon avec leur mécanisme régulateur au haut d'un mât, d'une maison, d'une tour, en ayant soin de mettre les conducteurs métalliques auxquels les charbons sont fixés, en communication avec les pôles d'une pile. La longueur des conducteurs peut être quelconque, pourvu qu'on

les isole, ce qui est facile en les recouvrant de gutta-percha. Cette propriété permet de placer la pile où l'on voudra, et de ne pas la déplacer si on juge à propos de changer de place le foyer lumineux, ce qui peut être utile quelquefois, comme nous le verrons plus tard.

Ces dispositions très-simples étant prises, si on met la pile en activité au moyen d'un peu d'acide, on produira la brillante lumière électrique qui doit servir de signal.

Cette lumière durera tant que les charbons ne seront pas consommés ; mais, pour éviter de les remplacer, il sera facile d'employer des aiguilles de charbon assez longues pour brûler plusieurs heures et même une nuit entière.

Si l'on voulait obtenir des feux momentanés, rien ne serait plus simple. Il suffirait d'interrompre et de fermer le circuit alternativement ; et comme on est maître de fixer la durée des interruptions du courant, on pourrait, au moyen d'une combinaison du nombre et de la durée des feux, établir une série de signaux très-utiles pour une correspondance télégraphique.

L'emploi de pareils signaux exigerait dans leur production et leur succession une grande régularité, impossible à obtenir, même avec un chronomètre et une attention soutenue, à moins d'une très-grande habitude, ce qui serait un inconvénient. On peut l'éviter en se servant de l'appareil suivant, qui rend toute erreur impossible.

Il consisterait en une roue en bois, cerclée en cuivre, pouvant tourner autour de son axe ; sur sa cir-

conférence on enroulerait une bande de papier qui présenterait dans le sens de sa longueur une série de rectangles découpés. Ces rectangles auraient des longueurs porportionnelles aux durées des feux successifs, et les intervalles seraient en rapport avec les interruptions de lumière. En outre, le conducteur serait coupé et disposé de manière qu'une des extrémités s'appuyât toujours sur le cercle de cuivre, et l'autre sur le papier, de manière à pouvoir toucher le cuivre suivant la longueur des rectangles découpés quand on ferait tourner la roue.

Cette disposition admise, si la pile est en activité, et l'une des extrémités du conducteur sur le papier, le courant sera interrompu, et il n'y aura pas de lumière, mais si on fait tourner la roue, chaque fois que l'extrémité du conducteur appuyée sur le papier entrera dans un rectangle découpé, le circuit sera fermé et la lumière apparaîtra. Elle durera autant que le parcours du rectangle par le conducteur. Lorsque ce dernier quittera le rectangle pour s'appuyer sur le papier qui sépare deux rectangles voisins, le feu disparaîtra de nouveau.

Cela posé, si l'on donne à la roue un mouvement de rotation uniforme, les lumières successives et leurs interruptions auront des durées proportionnelles aux longueurs des rectangles et de leurs distances consécutives.

On aura donc produit la succession des signaux à envoyer. Celui qui les recevra notera la durée des

feux successifs, celle de leurs interruptions, et n'aura ensuite qu'à traduire la dépêche d'après la clef conventionnelle adoptée.

L'établissement des signaux aériens est plus difficile à cause de la difficulté d'élever dans les airs le foyer lumineux, et de l'y maintenir dans une position à peu près stable.

L'emploi des parachutes, en supposant que par un moyen quelconque on pût s'en servir pour cet objet, ne ferait pas atteindre le but qu'on se propose; car, nous l'avons déjà fait remarquer, ils sont trop soumis aux caprices des vents pour que les signaux qu'ils porteraient pussent être d'un usage assuré.

Le seul moyen qui paraisse promettre des résultats certains, est l'emploi d'un ballon captif portant les aiguilles de charbon avec leur régulateur. Les charbons pourraient être mis en communication avec les pôles de la pile de deux manières, soit en faisant supporter cette dernière par l'aérostat, soit en la laissant à terre et établissant la communication au moyen de conducteurs courant le long des haubans qui maintiendraient le ballon.

Dans le cas où le ballon supporterait à la fois l'appareil électrique complet, il ne serait plus possible de produire ou faire disparaître la lumière, qui resterait constante pendant toute la durée de la combustion du charbon.

Quand on voudrait faire cesser le signal, on serait obligé, chaque fois, de ramener le ballon à terre, opération assez longue si ce dernier était très-élevé.

En supposant une forte pile, le poids total à supporter, y compris celui du ballon et de l'hydrogène qu'il renferme, pourrait être de 100 kilogrammes. Le diamètre de l'aérostat capable de soutenir ce poids à une hauteur d'un kilomètre, serait approximativement, en tenant compte de la variation de densité et de température dans les couches élevées de l'atmosphère (1), environ de 5m,50.

Mais, comme on n'aurait pas besoin, en général, d'élever le ballon si haut, et que quelques centaines de mètres suffiraient, la densité de l'air différerait peu à cette hauteur de celle près du sol, de sorte que le diamètre serait réduit à 5 mètres environ.

Si on voulait produire et éteindre la lumière électrique à volonté, on emploierait le moyen suivant : au lieu de faire supporter par le ballon la pile qui constitue le poids principal à soulever, elle resterait à terre et serait mise en communication avec les cônes de charbon, au moyen de conducteurs courant le long des haubans, on pourrait aussi les employer eux-mêmes à remplir le but de ces derniers.

Dans ce cas, on se servirait de fil de cuivre, d'un petit diamètre pour charger le moins possible le ballon et il serait enveloppé de gutta-percha pour l'isoler

(1) Près du sol, la pression barométrique étant supposée 0m76 et la température 12° à 1,000 mètres au-dessus, la pression est réduite à 0m67, et la température à 8° environ, d'après la loi de décroissance des températures de M. Humbold.

complétement. On peut obtenir de pareils fils doués d'une résistance suffisante avec un faible poids et à bas prix.

Car, d'après les données relatives aux fils télégraphiques employés en Prusse et en Allemagne, qui sont ainsi préparés (1), le kilomètre :

D'un fil de	2 mill.	50 de diamètre	coûte	400 f.	et pèse	60 k.
—	1	90	—	200	—	30
—	1	25	—	80 à 100	—	15

D'où il résulte qu'un fil de $0^{m},001$ de diamètre, capable de supporter plus de 40 kil., coûterait environ 50 fr. et pèserait 8 à 10 kilogrammes.

En faisant usage d'un pareil fil, facile à enrouler et beaucoup plus fort qu'il n'est nécessaire pour amarrer le ballon, les poids à soulever par ce dernier seraient environ : 20 kilogrammes pour la longueur des haubans, 15 à 20 pour le ballon et le système directeur des charbons, en tout 35 à 40 kilogrammes.

Le diamètre du ballon, capable de transporter ce poids à une hauteur de 1 kilomètre, serait de $3^{m},30$ à $3^{m},50$. En ayant égard à la pression moyenne, $0^{m},67$ environ, à cette hauteur, celle près du sol supposée être $0^{m},76$.

Lorsque les conducteurs-haubans seront mis en contact avec les pôles, on produira à volonté une lumière, soit permanente, soit momentanée. De sorte

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1850.

qu'en employant le procédé précédemment décrit pour produire régulièrement une série de signaux lumineux, on aura un très-bon moyen de correspondance télégraphique nocturne.

Les signaux produits par la lumière électrique seraient visibles à de très-grandes distances. On n'a pas d'expériences à ce sujet, mais on sait (1) qu'un officier anglais, Drumond, avait obtenu des signaux géodésiques visibles à plus de 17 milles allemandes (125 kilomètres, ou 31 lieues), au moyen d'un courant d'oxygène, traversant une vapeur alcoolique, dirigé sur une boule de chaux placée au centre d'un réflecteur. Or, comme la lumière électrique a une intensité bien supérieure à celle de toutes les lumières artificielles produites jusqu'ici, on peut sans hésiter admettre que les signaux lumineux produits par l'arc voltaïque pourront être aperçus à une distance de 30 à 40 lieues de France.

L'emploi des signaux lumineux peut donc rendre de grands services à la guerre pour porter au loin des nouvelles ou des ordres importants.

Nous terminerons ce que nous avons à dire sur les signaux en allant au-devant de quelques objections que l'emploi des ballons captifs ne peut manquer de soulever.

Prix. — Les conducteurs et le ballon sont d'un prix peu élevé et d'ailleurs peuvent servir indéfini-

(1) *Pyrotechnie*, par Moritz Meyer.

ment, ce qui, pour chaque application particulière, le rend presque insensible.

L'hydrogène employé à remplir l'aérostat est ce qui coûterait le plus cher, car on renouvellera ce gaz chaque fois qu'on emploiera l'appareil; cependant le prix sera peu élevé pour les petits aérostats dont on ferait usage. On pourrait, d'ailleurs, employer le gaz d'éclairage, dont la densité diffère peu de celle de l'hydrogène, qui est à un prix extrêmement bas (1).

Préparation du gaz. — Quand on aura à sa portée du gaz d'éclairage, on s'en servira probablement toujours; dans le cas contraire, on fera de l'hydrogène. C'est introduire, dira-t-on, des manipulations chimiques dans les ateliers de pyrotechnie militaire? C'est vrai, mais une manipulation qui consiste simplement à verser de l'acide sulfurique dans une cornue contenant du zinc ou d'autres métaux oxydables et à faire arriver par un tube le gaz sous le ballon est une opération beaucoup plus simple et plus facile que la plupart des manipulations pyrotechniques en usage de temps immémorial. L'emploi du ballon rempli d'hydrogène portant les charbons et leur régulateur n'offre aucune difficulté; il suffit de laisser dérouler les fils-haubans, autour d'un treuil sur lequel ils auraient été enroulés, jusqu'à ce que le ballon ait atteint l'élévation qu'on désire.

L'éclairage à de petites ou moyennes distances ne

(1) L'hydrogène coûte à Paris 1 fr. 50 le mètre cube, et le gaz d'éclairage 0,40 c.

présente pas de difficultés pour l'obtenir. Il suffit simplement de placer sur un mât, une tour, une maison, ou un point voisin du terrain à éclairer les deux charbons avec leur régulateur, et de les mettre en communication avec les pôles de la pile, comme on l'a vu pour la production des signaux terrestres.

La faculté qu'on aura de laisser agir ou d'interrompre le courant magnétique à volonté, donnera le moyen de produire un éclairage momentané ou de longue durée, selon les besoins.

Ce foyer électrique éclairera très-bien par sa seule intensité; on pourra augmenter sa puissanceé clairante à un très-haut degré en employant une lentille ou un réflecteur.

Mais quand il s'agit d'éclairer une surface assez considérable située à une grande distance, par exemple, à un ou plusieurs kilomètres, il se présentera des difficultés nombreuses pour résoudre pratiquement ce problème.

Les moyens dont on peut faire usage pour y parvenir, se réduisent aux suivants :

Lancer le foyer lumineux sur le terrain à éclairer ou à sa proximité, comme on fait avec les balles à feu;

Lancer dans les airs et faire planer le foyer lumineux à une certaine hauteur au-dessus du terrain à éclairer, ou à peu de distance, de manière qu'il éclaire d'en haut comme les balles à feu à parachute qu'on a essayé d'employer;

Employer un foyer lumineux terrestre dont la lu-

mière serait portée au moyen d'une lentille ou d'un réflecteur jusques sur le terrain à éclairer.

L'emploi du premier moyen exigerait qu'un appareil électrique complet pût être lancé, avec un mortier, une fusée, ou de toute autre manière, sur le terrain à éclairer, c'est-à-dire la réalisation d'un *appareil-éclairant-projectile*. Il faudrait, pour cela, posséder une petite pile extrêmement puissante capable d'être enfermée dans un projectile creux. Le problème n'est pas insoluble, malgré les difficultés qu'il présente, mais n'est pas résolu encore. D'ailleurs, le fût-il complétement, le projectile-éclairant-électrique, malgré sa puissante lumière, aurait les principaux inconvénients des projectiles éclairants ordinaires, sans compter qu'il coûterait probablement plus cher. Nous rejetons donc ce moyen d'éclairage, du moins actuellement.

L'éclairage, au moyen d'un foyer lumineux suspendu dans les airs, ou d'un *appareil-éclairant-aérien*, serait un bon moyen, si on avait un procédé simple et sûr de le soutenir et de le faire parvenir à une proximité suffisante du terrain à éclairer.

L'emploi des parachutes, en supposant qu'on parvînt à obtenir toujours leur déploiement, ne remplirait pas l'objet qu'on se propose, car ce serait seulement dans des cas très-particuliers que le foyer-éclairant pourrait produire un effet utile. Il faudrait, en effet, pour cela un air calme, ou une légère brise convenable pour pousser le parachute vers le terrain

à éclairer, états atmosphériques particuliers et accidentels. Ce moyen d'éclairage n'offre ainsi aucune garantie.

L'emploi de ballons libres portant un appareil d'éclairage, serait soumis aux mêmes inconvénients que celui des parachutes, il n'y a donc pas lieu à s'en occuper.

L'emploi d'un ballon captif, comme ceux dont nous avons parlé pour les signaux, évite ces inconvénients. On peut, par ce moyen, élever et soutenir dans les airs l'appareil d'éclairage, et trois haubans, dont un de simple corde, suffiraient pour maintenir le ballon sensiblement dans la verticale du lieu d'où il part. On a donc le moyen d'élever et de soutenir à une hauteur déterminée le foyer lumineux, dont on produira ou éteindra la lumière par un moyen semblable à celui employé pour les signaux aériens.

Ce foyer lumineux dont l'intensité, variable avec la puissance de la pile, est, pour ainsi dire indéfinie, et peut devenir très-considérable, produira l'effet d'un *soleil artificiel*, assez puissant pour éclairer un espace d'une ou plusieurs lieues carrées, et même une ville tout entière.

Les expériences en petit nombre faites à Saint-Pétersbourg et à Saint-Cloud, quoique loin d'avoir montré jusqu'où peuvent aller les effets de la lumière électrique, suffisent cependant pour en faire concevoir la possibilité, car elles montrent que notre soleil artificiel peut porter à plusieurs kilomètres une lumière assez intense pour pouvoir lire à cette distance.

Pour employer ce moyen, il suffira donc d'élever le ballon à une certaine distance du lieu à éclairer, et à une hauteur telle que le cercle lumineux qu'il produira comprenne tout le terrain à observer. Cela n'offrira aucune difficulté quand on connaîtra, par des expériences photométriques préalables, l'intensité du foyer lumineux à diverses distances, pour des observateurs diversement éloignés, jusqu'à celle où la lumière cesse ou devient insuffisante. Cette limite arbitraire pourrait être fixée au point où les hommes en mouvement cessent d'être aperçus distinctement par les observateurs. C'est, du moins, la limite de l'intensité qu'il conviendrait de fixer pour l'éclairage militaire.

Dans ce cas, il faut orienter le réflecteur, et incliner son axe de manière que lorsque le ballon aura atteint le sommet de l'axe du réflecteur il vienne rencontrer le milieu du terrain à éclairer. Alors le cône lumineux sera coupé par le terrain à éclairer de manière que ce dernier sera tout entier dans les lumières et y sera seul.

En employant soit une lentille convenable, soit un réflecteur en métal poli, ou simplement en verre étamé, comme une glace, on augmente considérablement la distance à laquelle on peut éclairer un terrain. On pourrait, par ce moyen, éclairer une surface de terrain assez considérable située à plus d'un kilomètre, ce qui est, en général, plus que suffisant pour les besoins du service à la guerre.

Pour éclairer un terrain situé à une distance quelconque, il faut que l'axe de la lentille du réflecteur porté par le ballon soit incliné de manière à venir rencontrer le centre du terrain à éclairer quand le ballon est parvenu à la hauteur.

Alors le cône lumineux a pour base tout le terrain à éclairer, de manière que ce dernier est entièrement éclairé et l'est seul.

Il serait facile de calculer la grandeur du terrain éclairé, connaissant, par expérience, l'angle du cône lumineux.

Pour obtenir l'éclairage d'un terrain situé, par exemple, à un kilomètre du point d'où part le ballon pour s'élever verticalement, on fixerait d'avance la hauteur à laquelle on veut qu'il s'élève. Cette hauteur et la distance de 1 kilomètre suffisent pour déterminer l'angle que doit faire l'axe de la lentille ou du réflecteur avec l'horizon.

On disposera donc l'appareil de manière à obtenir cette inclinaison, de sorte que lorsque le ballon se sera élevé à la hauteur voulue, une vaste ellipse de terrain sera tout entière inondée de lumière.

On peut encore obtenir des résultats plus avantageux, c'est-à-dire éclairer une large zone circulaire longue de plusieurs kilomètres, s'il est nécessaire, au lieu d'une simple ellipse. Il suffirait, pour cela, de donner à l'axe du cône lumineux un mouvement circulaire de va-et-vient autour de la verticale, de manière à lui faire décrire une partie de surface cô-

nique. On y parviendrait en employant un mécanisme, transporté par le ballon, capable d'imprimer à l'axe du réflecteur ou à celui de la lentille un mouvement alternatif autour d'un axe vertical, tout en conservant le même angle entre ces deux axes.

Si le mouvement de rotation était lent, les différentes parties de la zone seraient éclairées successivement, ce qui suffirait dans beaucoup de circonstances. Mais, si on voulait que la zone entière fût éclairée, il serait facile d'y parvenir. Il suffirait, pour cela, de donner au mouvement alternatif une vitesse telle que les oscillations se succédassent à un intervalle de temps plus faible que celui qui est nécessaire à la rétine pour perdre l'impression qu'elle a reçue. Ce temps, d'après M. Arago, étant de 0^{m},1 environ, une vitesse de 8 à 10 oscillations par seconde remplirait les conditions nécessaires pour produire la sensation d'une lumière continue.

Le mécanisme capable de produire ce résultat serait facile à trouver dans l'industrie des machines. On en a un exemple dans le miroir employé pour la chasse aux alouettes, en France.

Ainsi il n'y aurait pas de difficulté pratique absolue pour éclairer une large et longue zone de terrain situé à une grande distance.

L'éclairage d'une couronne entière ne serait pas plus difficile; il suffirait, pour cela, que le mouvement de l'axe, au lieu d'être alternatif, fût continu et décrivît la surface cônique entière.

L'appareil aérien restant le même, en élevant le ballon, on éclairera une couronne avec une zone plus éloignée; en rapprochant l'aérostat de terre, l'inverse aura lieu.

Ce système d'éclairage aérien produira donc d'excellents résultats; mais un inconvénient à craindre, c'est que, dans une tempête, par une forte pluie, le ballon ne puisse résister. C'est à l'expérience à décider ce point du problème qui n'est pas absolument insoluble, car rien ne s'opposerait à ce qu'on employât pour la confection du ballon un fort tissu imperméable, et même du cuivre laminé en feuilles très-minces, comme on l'a déjà essayé.

On peut donner à l'axe de la lentille ou du réflecteur des inclinaisons quelconques pour éclairer un terrain situé à une distance donnée en élevant convenablement l'appareil éclairant. Mais, comme il est aisé de s'en convaincre, à mesure que l'inclinaison de cet axe s'approche de l'horizontale, le terrain coupe le cône lumineux sous des inclinaisons de plus en plus grandes, et, par conséquent, ses génératrices les plus rapprochées et les plus éloignées diffèrent de plus en plus en longueur. Ces longueurs étant les distances des points extrêmes éclairés au foyer lumineux, il en résulte une différence de plus en plus grande entre les intensités de la lumière qu'ils reçoivent.

Ainsi, quand on voudra avoir une zone à peu près uniformément éclairée, l'inclinaison de l'axe de la lentille ou du réflecteur ne devra guère différer

de 45°. Mais, lorsqu'on ne tiendra pas à cette condition et qu'on se contentera simplement de produire un éclairage suffisant à la partie de la zone la plus éloignée du foyer lumineux, on pourra, sans inconvénient, donner à l'axe de la lentille ou du réflecteur une inclinaison quelconque.

L'appareil précédent peut éclairer seulement une zone ou une couronne de terrain ou plusieurs successivement en faisant varier la hauteur du ballon. Mais on pourrait obtenir ce résultat en laissant le ballon stationnaire; il suffirait, pour cela, que l'axe du réflecteur et du foyer lumineux, tout en conservant leur mouvement autour d'un axe vertical, pût recevoir des inclinaisons successives, de manière à venir rencontrer successivement le terrain à des distances de moins en moins grandes jusqu'à ce qu'il devînt vertical, et repasser ensuite par les mêmes positions en s'élevant. La question est ainsi ramenée à trouver une disposition mécanique capable d'imprimer à l'appareil électrique éclairant le mouvement de rotation autour de l'axe vertical, comme précédemment, et en même temps un mouvement alternatif autour d'un axe horizontal. Il existe des mécanismes assez simples pour produire ce double mouvement. On en voit une application dans le pendule régulateur à force centrifuge des machines à vapeur. D'ailleurs, la science, l'art et l'industrie auraient bientôt trouvé et réalisé un mécanisme convenable pour atteindre le but indiqué.

On pourrait donc, sans déplacer le ballon, éclairer par zones successives, depuis le pied de la verticale du ballon, jusqu'aux points les plus éloignés.

Mais il est possible d'atteindre un but beaucoup plus important, qui consisterait dans l'éclairage simultané de tout le terrain compris dans le vaste cercle successivement éclairé par le moyen précédent. La seule condition à laquelle il faudrait satisfaire pour réaliser ce projet serait de donner au mouvement circulaire alternatif opéré autour de l'axe horizontal une vitesse telle que la durée de l'oscillation fût de 0",1. Car alors l'axe du réflecteur, reprenant ses mêmes positions extrêmes, dans le même intervalle de temps, les zones ou couronnes de terrain éloignées ou rapprochées seront éclairées au moins 10 fois par seconde. Par conséquent chaque impression de lumière sur la rétine se renouvellera avant que la précédente soit effacée, et toutes les zones ou couronnes paraîtront éclairées d'une manière continue, de sorte que le vaste cercle qu'elles forment paraîtra éclairé simultanément dans toutes ses parties.

Avec ce moyen, on pourrait éclairer un cercle de terrain de plusieurs kilomètres de rayon de manière à pouvoir lire aux points éclairés les plus éloignés du centre.

Cette puissance éclairante permet d'éclairer soit une vaste place comme les Champs-Élysées, le Champ-de-Mars, à Paris, un champ de bataille, un camp, une portion de ville et même une ville tout entière.

En un mot, la lumière électrique donnera probablement à l'homme le moyen de créer un puissant soleil artificiel pour suppléer le vrai soleil pendant son absence.

L'éclairage électrique terrestre est produit au moyen d'un appareil placé près de terre sur un mât, une maison, une tour, et, en un mot, un point élevé et abordable.

Les appareils à employer, dans ce cas, sont les précédents, soit le foyer électrique simple, soit combiné avec une lentille ou un réflecteur mis en mouvement, comme on l'a vu précédemment.

L'appareil simple ne produit des effets lumineux suffisants qu'à des distances peu étendues et variables avec la puissance de la pile.

L'appareil électrique avec réflecteur ou lentille susceptible d'un mouvement autour de l'axe vertical, servira à éclairer une zone de terrain plus ou moins éloignée selon l'inclinaison de l'axe du cône lumineux, qui sera toujours très-petite à cause du peu de hauteur du foyer lumineux. Les parties éloignées et rapprochées d'une même zone seront donc éclairées très-inégalement, excepté à de petites distances.

Ce ne sera donc seulement que pour éclairer un terrain rapproché qu'on pourra employer avantageusement ce moyen, si on veut obtenir une lumière à peu près uniforme sur tous les points éclairés. Au contraire, il sera très-utile et plus économique que l'éclairage aérien, quand on ne tiendra pas à obtenir un éclai-

rage uniforme, mais seulement tel qu'un observateur placé aux points les moins éclairés puisse lire ou y distinguer des hommes en repos ou en mouvement lorsqu'il sera placé à des distances plus ou moins grandes.

Avec l'appareil à double mouvement, on éclairera des cercles d'un rayon plus ou moins grand. Mais, à mesure que le cercle éclairé s'agrandira, les différences d'intensité entre la lumière au centre et près de la circonférence deviendront de plus en plus grandes. De sorte que, comme le précédent, il ne pourra être employé que lorsqu'une intensité constante de lumière sera indifférente au but qu'on se propose d'atteindre.

Nous terminerons ici ce que nous avons à dire de l'application générale de la lumière électrique, et des moyens à employer pour la réaliser, pour atteindre le but qu'on se propose dans les différentes circonstances qui peuvent se présenter. Nous allons actuellement passer aux applications spéciales qu'on peut en faire comme artifice éclairant à la guerre.

CHAPITRE III.

Applications spéciales à l'art militaire.

Nous avons vu que la lumière électrique remplirait parfaitement les conditions nécessaires aux artifices lumineux à la guerre, s'il existait des moyens simples et sûrs de l'employer. Nous venons de voir qu'il y a plusieurs procédés, aussi simples que sûrs, pour produire des signaux et l'éclairage d'un vaste espace situé à toute distance, jusqu'à plusieurs kilomètres. Nous allons faire voir que ces procédés peuvent être utilement employés et en toute sécurité dans les circonstances de la guerre où les signaux et l'éclairage sont nécessaires.

Les signaux, dans la guerre de campagne ou celle de siége, ont pour objet principal la transmission d'ordres, de dépêches urgentes. D'après cela, il est clair que le meilleur système de signaux lumineux, sera celui dont chaque feu se produira avec le plus de simplicité, de certitude, sera vu de plus loin, et

donnera le plus de régularité à l'apparition des feux combinés, pour créer les signes nécessaires à une correspondance télégraphique.

D'après ce qui précède et la propriété que possède la lumière électrique de pouvoir être aperçue à une distance de plus de trente lieues de France, on ne peut contester sa supériorité pour créer un bon système de signaux.

Cependant les fusées pourront, en général et dans les circonstances ordinaires, être employées très-avantageusement, à cause de leur simplicité, du peu d'embarras qu'offre leur transport, de leur bas prix et de la facilité de leur emploi.

Mais quand on aura besoin d'un puissant signal lumineux permanent, la lumière électrique donnera les plus puissants, malgré les tentatives faites jusqu'ici.

L'insuffisance des signaux permanents en usage, avait, dans le commencement du siècle, conduit à des essais pour les améliorer. Les résultats obtenus par Drumond, officier anglais, sont les plus remarquables. En faisant arriver sur une boule de chaux placée au foyer d'un réflecteur, un courant d'oxygène mélangé avec une vapeur d'alcool, il obtint une lumière dont l'intensité équivalait à celle de trente-cinq becs d'Argan, et qui était visible à trente lieues de France.

L'intensité de la lumière électrique bien supérieure à celle de cet appareil compliqué, dangereux, la facilité et la sécurité qu'offre son emploi, la rendent

bien préférable à tous les autres moyens connus. En campagne, on évitera en général l'emploi du ballon captif. L'appareil voltaïque placé au sommet d'un mât, d'une tour, etc., suffira, dans la plupart des circonstances, pour produire le signal lumineux permanent qu'on désire obtenir.

Il se présente à la guerre des circonstances où on a besoin d'un éclairage d'une durée plus ou moins longue; par exemple :

Pour reconnaître une fortification, l'assiégeant a besoin de produire un éclairage momentané, suffisant à ses projets et pas assez long pour éveiller l'attention de l'assiégé.

Pour diriger le tir d'une batterie sur un but déterminé, il faut que ce but soit éclairé assez longtemps pour permettre un bon pointage.

Pour n'être pas surpris lors de l'ouverture de la tranchée, l'assiégé doit éclairer, d'une manière continue, le terrain où cette opération a des chances d'être exécutée.

L'éclairage d'un champ de bataille, d'une brèche loin de l'assaut, demandent aussi un éclairage d'une durée indéfinie.

Ainsi, à la guerre, on peut avoir besoin de produire ou un éclairage momentané, ou un éclairage de longue durée, dont la limite est celle de la nuit, huit à douze heures. Nous avons vu précédemment que l'on produit, sans aucune difficulté et à volonté, ces deux

éclairages avec la lumière électrique en fermant ou interrompant le circuit voltaïque.

Nous allons examiner succinctement les principales circonstances de la guerre où l'éclairage est utile et nécessaire, soit en campagne, soit dans les siéges, et si les moyens d'appliquer la lumière électrique que nous avons proposés peuvent remplir l'objet qu'on se propose.

Dans la guerre de campagne, on peut avoir besoin de produire une longue traînée de lumière, par exemple, pour éclairer un chemin dangereux sur le flanc escarpé d'une montagne, le passage d'un pont militaire ou suspendu, d'un gué, etc.

On atteindra ce but en employant un appareil électrique éclairant avec réflecteur ou lentille, doué d'un mouvement oscillatoire autour d'un axe horizontal, car cet appareil, placé sur un lieu élevé ou au sommet d'un mât, produira un sillon lumineux d'une longueur de plusieurs kilomètres.

On peut avoir besoin d'éclairer un terrain éloigné, plus ou moins vaste; par exemple : pour reconnaître une position de l'ennemi; s'opposer au passage d'une rivière en empêchant de construire les ponts ennemis; faciliter la construction ou le repliement d'un pont militaire; défendre les abords d'un camp, d'une position fortifiée; reconnaître la position occupée par l'ennemi sur un champ de bataille, afin de prolonger le combat et compléter la victoire, etc.

Dans ces diverses circonstances, on emploierait

l'appareil éclairant, auquel on donnerait, soit un simple mouvement autour d'un axe vertical ou horizontal, soit le double mouvement, selon la figure du terrain qu'on se proposerait d'éclairer. Il faut avoir soin de régler l'amplitude des mouvements oscillatoires d'après l'espace à éclairer, sa distance du foyer éclairant, et la hauteur de ce dernier : opérations promptes et faciles.

Elles deviendront, du reste, le plus souvent inutiles, car, vu la faible hauteur à laquelle l'appareil éclairant sera élevé, le cône lumineux éclairera un terrain enfermé dans une vaste ellipse très-allongée.

Enfin, il se présente des cas où il est nécessaire d'éclairer un vaste espace autour du foyer lumineux; par exemple, pour établir de nuit un camp, un parc d'artillerie, faire prendre les armes la nuit, soit pour lever le camp, soit pour le défendre contre une attaque nocturne et imprévue, toujours dangereuse à cause du désordre qui se manifeste, etc.

Dans toutes ces circonstances, l'appareil lumineux doué du double mouvement de rotation, placé au sommet d'un mât, remplira toujours, avec avantage et certitude, les vues du général.

Quand on emploiera en campagne les moyens d'éclairage hors de la présence de l'ennemi, ils produiront toujours avec certitude les effets désirés.

En présence de l'ennemi, on pourrait craindre qu'ils fussent très-exposés à être détruits et, par conséquent, rendus inutiles. Nous pensons qu'il serait fa-

cile de les soustraire à cet inconvénient. Nous ferons remarquer d'abord, que ces appareils présentent un très-petit but à cause de leur petit volume, ce qui diminue déjà considérablement les chances de destruction; ensuite, que l'ennemi sera en général à une distance assez grande, ce qui les diminuera encore; enfin, qu'en général on pourra les éloigner assez de l'ennemi, sans se priver de leur lumière, à cause de la grande distance à laquelle ils peuvent éclairer suffisamment.

Dans les cas, très-particuliers, où l'appareil éclairant serait assez rapproché de l'ennemi pour être exposé, on pourrait adopter pour le défendre, entre autres moyens, un des suivants : on emploierait, pour éclairer un espace déterminé, la lumière produite successivement par divers appareils dans lesquels elle paraîtrait et disparaîtrait dans un ordre très-variable, afin de diviser l'attention de l'ennemi et rendre ses coups incertains. On augmenterait encore cette incertitude en les changeant fréquemment de place. Ce jeu de lumière peut être produit sans difficulté et avec régularité par une seule pile mise alternativement en communication avec un conducteur de chaque appareil. On pourrait même, si les appareils étaient trop exposés, les mettre sur le sol où ils seraient parfaitement en sûreté. En les plaçant de manière que le réflecteur dirigé en l'air eût un mouvement oscillatoire et de rotation autour de la verticale, on produirait un éclairage suffisant et très-utile dans

beaucoup de circonstances, entre autres, pour la défense d'un camp contre une attaque nocturne et imprévue.

En général, dans ce cas, et il n'en peut être autrement, le désordre, la confusion causent autant de mal que le fer de l'assaillant; tandis qu'en disposant d'avance les appareils, et il ne faut qu'un instant, ces désordres ne sont plus possibles ; car, à un signal donné par le général, le camp serait éclairé entièrement, de manière que les défenseurs pourraient immédiatement prendre leur place de bataille.

On pourrait penser que ces moyens d'éclairage occasionneraient un accroissement considérable dans le poids du matériel de guerre, déjà si considérable. Mais si l'on observe qu'il suffira de transporter une ou deux piles par division et quelques centaines de kilogrammes de fils conducteurs, de zinc et d'acide sulfurique, pour produire, quand on en aura besoin, un éclairage puissant et sûr, tandis qu'aujourd'hui, avec un poids de matières plus considérable et plus embarrassant, on n'obtiendrait, par des manipulations plus ou moins longues, que des artifices éclairant faiblement et sur l'effet desquels on ne pourrait compter ; on sera probablement conduit à reconnaître les avantages présentés par l'éclairage électrique en campagne.

Nous n'avons pas parlé de l'éclairage aérien en campagne, parce que le temps nécessaire pour remplir le ballon manquerait quelquefois, et que, en gé-

néral, on peut se passer de ce moyen plus compliqué que l'éclairage terrestre, généralement suffisant. Cependant, comme le transport d'un ballon plié ne cause aucun embarras, il serait bon d'en emporter pour s'en servir dans quelques circonstances spéciales : par exemple, pour éclairer un champ de bataille quand l'arrivée de la nuit fait cesser le combat et empêche de compléter la victoire par la déroute de l'ennemi.

Dans la guerre de siéges, l'éclairage, comme on l'a vu précédemment, joue un rôle bien plus important encore, et, cependant, il est loin d'avoir atteint le degré d'importance qu'il pourrait avoir, surtout pour la défense des places.

Dans l'attaque des places, l'emploi des artifices éclairants est presque nul; cependant ils pourraient rendre de grands services, par exemple : pour reconnaître la fortification, servir à diriger les tranchées, à pointer les pièces des batteries à ricochet sur le but à battre, etc. La principale cause consiste dans le peu d'efficacité des artifices actuels, et l'impossibilité de produire les effets nécessaires pour être utiles.

Pour reconnaître la fortification, on emploierait avec avantage une lumière produite par un foyer lumineux éloigné de la place et capable de projeter sa lumière sur les ouvrages à reconnaître. Dans ce cas, il faudrait porter la lumière successivement sur les différentes parties de la fortification, et en régler la durée à volonté, selon les circonstances.

Alors, les officiers chargés des reconnaissances

verraient parfaitement ce qu'il leur est nécessaire de connaître, et sans danger, car ils seraient dans l'obscurité.

Un simple appareil électrique, placé au sommet d'un mât, à 1,000 mètres de la place, et plus, remplirait cet objet, en orientant convenablement le réflecteur.

Jusqu'ici on n'avait aucun moyen d'obtenir ce résultat important ; de sorte que la reconnaissance des places, qui se faisait le matin ou le soir, a été regardée comme une des opérations les plus dangereuses; aussi ne pouvait-elle être faite en général que très-imparfaitement.

Il arrive fréquemment dans les siéges, et il n'en peut guère être autrement, qu'on donne aux tranchées de fausses directions. Il serait facile d'éviter cet inconvénient grave : il suffirait, pour cela, d'éclairer de temps en temps les saillants des ouvrages dont on doit se défier. Cet éclairage, qui devrait être momentané et réglé selon les circonstances, tout en rendant de grands services, n'offrirait aucun danger à cause de sa faible durée.

Avec l'appareil éclairant électrique, il serait facile de produire ces résultats avec certitude et sans danger pour l'assiégeant.

Enfin, quand l'ennemi aura établi ses batteries dans la seconde parallèle, en dirigeant l'appareil électrique de manière à éclairer la fortification en laissant les

batteries dans l'ombre, on assurera le tir de nuit sans exposer ces dernières au feu de la place.

Ce résultat pourrait être obtenu au moyen d'un appareil placé sur un mât; mais en général on évitera difficilement d'éclairer les travaux en avant, ce qui serait dangereux pour eux. Cependant on pourrait éviter cet inconvénient en plaçant constamment l'appareil à une petite distance en arrière des travailleurs, mais alors il serait très-exposé à être détruit par l'assiégé, s'il ne changeait fréquemment de place, et n'éclairait pendant des temps très-court.

Dans la défense des places, l'emploi des artifices éclairants est très-ancien, et fortement recommandé comme un puissant auxiliaire. Cet éclairage doit avoir lieu depuis les plus grandes distances jusqu'au pied de la brèche, cependant il n'offre pas la même importance aux diverses distances, comme nous le verrons.

La plus grande distance à laquelle on a pu éclairer jusqu'ici, et encore imparfaitement, est celle de six cents mètres environ vers l'emplacement habituel de l'ouverture de la tranchée. Tout le terrain au delà ne pouvait être vu, de sorte que l'ennemi établissait à volonté ses communications entre son dépôt de tranchée et la première parallèle. Avec la lumière électrique, au contraire, on pourra éclairer le terrain jusqu'à son dépôt de tranchée, et il ne pourra faire aucun mouvement sans être reconnu.

Le terrain situé entre la place et le dépôt de tran-

chée peut être éclairé, soit par zones successives de plus en plus rapprochées à mesure que l'ennemi occupe des positions de plus en plus avancées; soit simultanément si on le juge convenable.

Il n'y a aucune difficulté à produire l'un ou l'autre de ces éclairages; il suffit de donner à l'appareil un mouvement de rotation ou d'oscillation simple ou double, comme on l'a déjà vu. Les considérations particulières guideront dans le choix du mode d'éclairage qu'on pourra, du reste, changer à volonté en modifiant le mouvement de l'appareil éclairant.

Avec un ballon captif portant un appareil éclairant à mouvement alternatif autour d'un axe vertical, on pourra éclairer une large et longue zone de terrain qui comprendra le dépôt de tranchées s'il est nécessaire. De cette manière, aucun préparatif, aucun mouvement de troupes ne pourra s'exécuter sans que l'assiégé n'en soit instruit aussitôt, de sorte qu'il ne sera pas surpris lors de l'ouverture de la tranchée.

Quant aux points où l'ennemi voudra l'ouvrir, on pourra les reconnaître par la direction que prendront les colonnes sortant du dépôt pour s'y rendre; car les troupes seront obligées de traverser une longue zone de lumière. D'ailleurs on pourrait éclairer une large zone de terrain en avant des parties de l'enceinte où l'ouverture de la tranchée est possible, ou même probable, de sorte que l'ennemi ne pourrait paraître sans être aperçu aussitôt.

Un ballon captif portant un appareil éclairant, suffira pour cet objet, surtout dans les petites et moyennes places, et en général dans celles qui ne sont pas exposées à deux attaques isolées. Si un appareil aérien était insuffisant, on en emploierait plusieurs, ou on se servirait simplement d'appareils terrestres placés sur des points élevés et réglés de manière à ce que leur lumière éclairât de larges et longues zones de terrain.

Avec ces dispositions, il sera presque impossible à l'assiégeant de dérober à l'assiégé la connaissance de la nuit et du lieu de l'ouverture de la tranchée. Ce dernier sera donc toujours prêt à s'opposer à cette opération périlleuse, laquelle deviendra encore beaucoup plus meurtrière, car l'assiégeant sera obligé de travailler sous une vive lumière, qui donnera probablement aux feux de la place une justesse et une efficacité suffisantes pour le forcer de renoncer à son entreprise ou, s'il y persiste, il payera sa persévérance par des pertes considérables.

La tranchée ouverte, il est inutile d'éclairer le terrain au delà : il faut, au contraire alors, concentrer l'éclairage entre cette première parallèle et la seconde, c'est-à-dire sur une zone d'une largeur moyenne de 300 mètres.

Un seul appareil aérien suffira à cet objet, à moins de deux attaques isolées, auquel cas il en faudrait généralement deux. En l'élevant à une hauteur de 500 à 1,000 mètres, il sera à l'abri des projectiles ennemis.

Rien n'empêcherait, du reste, de l'élever plus haut sans nuire à l'éclairage, si on le croyait exposé. On pourra donc toujours faire en sorte que l'appareil éclairant soit en sûreté.

Les cheminements seront très-dangereux à cause de la lumière qui les éclairera, et, par conséquent, avanceront lentement.

Le terrain sur lequel on établit la seconde parallèle et les premières batteries étant parfaitement éclairé, l'exécution de cette ligne, et surtout la construction des batteries, deviendront très-meurtrières pour les travailleurs, de sorte que la durée ordinaire, qui est de trente-six heures, deviendra indéfinie.

Quand les batteries seront construites et auront ouvert leur feu, on continuera de les éclairer, afin de pouvoir diriger des coups assurés pour les endommager et les détruire s'il est possible ; mais, en même temps, on devra éclairer le terrain en avant jusqu'à la troisième parallèle, pour contrarier et ralentir la marche des cheminements. Il faudra alors rapprocher de la place la zone à éclairer.

Quand la troisième parallèle sera faite, les batteries ne pourront plus tirer ; alors on concentrera l'éclairage entre cette parallèle et le saillant des chemins couverts des demi-lunes, afin de s'opposer, au moyen de l'artillerie de la place, qui reprend alors de la supériorité sur celle de l'assiégeant, à la marche des sapes pleines. Ce résultat serait déjà très-important,

si on ne pouvait les arrêter complétement, ce qui est admis comme possible par les traités spéciaux, entre autres, l'*Aide-Mémoire* (1). Dans tous les cas, l'assiégeant avancera très-lentement et avec de grandes pertes jusqu'à l'emplacement des cavaliers de tranchée, dont la construction sera très-longue, très-dangereuse, et ne se terminera qu'à force de sacrifices.

Après la construction des cavaliers de tranchée, il faudra concentrer l'éclairage dans l'angle formé par les deux demi-lunes attaquées.

L'appareil aérien à double mouvement, réglé de manière à embrasser le terrain compris dans cet angle, remplira parfaitement cet objet; sa hauteur et sa situation reculée au-dessus de la ville le mettront hors de l'atteinte des projectiles ennemis.

Ainsi, avec l'appareil aérien on pourrait éclairer le terrain depuis le dépôt de tranchée jusqu'aux chemins couverts, par zones successives.

L'éclairage simultané de toutes les parties du terrain compris entre le dépôt de tranchée et la place, n'offrirait pas de difficulté; il suffirait d'employer un appareil aérien à double mouvement.

Ce mode d'éclairage serait dans quelques circonstances plus défavorable qu'avantageux, car il pourrait empêcher les assiégés de manœuvrer sur les glacis et aux environs de la place.

(1) *Aide-Mémoire d'artillerie*, 1844, p. 359.

Il nous reste enfin à nous occuper de l'éclairage depuis le couronnement des chemins couverts jusqu'aux brèches.

A partir de ce moment, l'éclairage aérien peut être avantageusement remplacé par des appareils terrestres, dont il est plus facile de diriger l'emploi selon le but à atteindre. Le but le plus important devient l'éclairage des fossés, principalement vers les endroits où le débouché des descentes est probable. On pourrait employer diverses dispositions, celle qui nous paraît une des plus sûres, consisterait à disposer dans l'arrondissement de la contrescarpe, vis-à-vis du saillant, un appareil à réflecteur qui serait logé dans l'épaisseur de la maçonnerie, et mis en communication avec la place par un conducteur métallique. Ce foyer, complétement à l'abri des coups ennemis, remplirait probablement très-bien l'objet proposé. On pourrait conserver ce moyen d'éclairage pour le moment où l'ennemi débouche dans le fossé, et employer auparavant des appareils éclairants placés au fond du fossé, à l'abri des coups ennemis, de manière à éclairer le mieux possible.

Le pied de la brèche serait éclairé avec des sacs ou des barils remplis de composition de lance à feu et de copeaux de bois goudronnés qu'on laisserait rouler après les avoir allumés.

Ainsi, au moyen d'appareils électriques on pourrait obtenir un éclairage satisfaisant à toutes les condi-

tions nécessitées par les opérations d'un siége jusqu'à la brèche, ce qui, jusqu'ici, n'a pu être obtenu.

Au lieu d'employer les appareils aériens, on pourrait se servir d'appareils terrestres placés sur des points élevés, tels que des mâts, des maisons, des clochers, etc.

Tant qu'on éclairerait à de grandes distances, il n'y aurait rien à craindre pour la sécurité de ces appareils, mais aux petites il n'en serait plus ainsi. Nous ferons remarquer que dans les siéges on pourra toujours placer les appareils éclairants de manière qu'ils n'aient rien à craindre. On admettra sans peine cette assertion, si on remarque que les maisons les plus rapprochées de la courtine, et par conséquent les mieux placées pour servir à l'établissement d'un foyer éclairant, sont déjà à plus de 300 mètres des saillants des chemins couverts des demi-lunes, et que rien ne sera plus facile en général que de reculer l'appareil électrique de plusieurs centaines de mètres, s'il est nécessaire.

Du reste, en supposant qu'il ne fût pas possible d'éloigner assez l'appareil éclairant pour le garantir contre les coups ennemis, on recourrait à d'autres moyens pour remédier à cet inconvénient. On pourrait, par exemple : soit changer fréquemment de place l'appareil éclairant, grâce à sa mobilité ; soit employer plusieurs appareils éclairants disposés de manière que chacun éclairât peu de temps, à tour de rôle, et cessât d'éclairer aussitôt qu'un autre s'allumerait pour

le remplacer. Il y en aurait ainsi toujours un qui éclairerait, de sorte que malgré les changements multipliés de foyers éclairants, on obtiendrait un éclairage continu.

Ce changement fréquent de foyers lumineux, éclairant chacun pendant quelques instants seulement, fera que l'ennemi ne saura où diriger ses coups, et cette incertitude protégera les appareils éclairants. La sécurité de ceux-ci sera encore augmentée si on combine cette disposition avec les déplacements fréquents des foyers lumineux.

On pourrait produire avec simplicité et certitude ces changements multipliés des foyers lumineux, en adoptant la disposition suivante :

On mettrait tous les appareils éclairants en communication avec les pôles d'une même pile, qui produirait la lumière avec chacun d'eux lorsqu'on fermerait le circuit correspondant. En interrompant ce dernier, la lumière cesserait aussitôt. De sorte qu'on obtiendrait ainsi la lumière avec chaque appareil, ou on la ferait disparaître à volonté.

On réaliserait ces changements successifs ou, mieux, ces jeux de lumière dont les combinaisons pourraient être multipliées autant qu'on voudrait, au moyen d'un clavier analogue à celui d'un piano, disposé de manière que chaque touche, selon qu'elle serait dans l'état ordinaire ou abaissée, interrompît ou fermât le circuit magnétique passant par un foyer correspondant.

Cette disposition, facile à exécuter, donnerait le moyen de combiner à volonté les apparitions de lumière, leurs disparitions, leur durée, en un mot, de moduler, pour ainsi dire, des feux avec cette espèce de piano pyrogénique.

Malgré toutes les précautions qu'on pourra prendre, il est probable que quelques appareils seront détruits, mais le remplacement des pièces hors de service n'offrira aucune difficulté avec l'usage traditionnel dans l'artillerie d'avoir toujours des pièces de rechange.

En résumé, les propriétés remarquables de la lumière électrique, les principes proposés pour l'appliquer, et les aperçus généraux sur les modes d'application, paraissent satisfaire aux exigences de l'éclairage militaire, ce qui donne ainsi le moyen de réaliser les avantages précieux attribués aux artifices éclairants dans la guerre de campagne et surtout dans celle de siéges.

La marine pourrait employer aussi utilement la lumière électrique, soit pour les signaux, soit pour éclairer l'entrée d'un port, soit pour empêcher les abordages pendant la nuit, soit pour reconnaître une flotte, soit pour éclairer pendant la nuit les vaisseaux ennemis à combattre, etc.

En un mot, il est permis d'espérer que la lumière électrique est appelée à rendre, dans un avenir prochain, de grands services à la guerre et à la marine. Nous sommes loin d'espérer d'avoir complétement

résolu le beau et difficile problème de l'éclairage électrique. Livré à nos propres ressources, nous n'avons pu qu'ouvrir la voie et indiquer des solutions théoriques.

CHAPITRE IV.

Projets d'appareils pour l'application de la lumière électrique.

Nous avons jusqu'ici seulement exposé les principes sur lesquels l'emploi de la lumière électrique nous paraît reposer, et des conditions générales auxquelles les appareils électriques doivent satisfaire.

Dans ce chapitre, nous donnerons la description de quelques appareils, établis sur les principes précédents, qui paraissent réaliser la solution de l'application de la lumière électrique. Sans doute ces appareils ne sont ni les plus simples ni les plus parfaits qu'on puisse concevoir, et sont susceptibles de grandes améliorations. Ils sont, en un mot, comme toutes les inventions humaines à leur première apparition. La presse à imprimer, la machine à vapeur, celle à filer, le télégraphe électrique, etc., à leur origine, étaient loin d'être aussi parfaits qu'aujourd'hui. La première conception de ces machines merveilleuses était toujours laborieuse et le germe nécessaire des perfectionnements futurs. Leur première réalisation était aussi plus pé-

nible que leurs améliorations successives. L'enfantement, la réalisation d'une idée est, en effet, plus difficile que son développement ultérieur, c'est un fait incontestable, l'expérience est là pour le prouver.

Aussi nos projets de réalisation, laborieusement imaginés, servant de point de départ pour la solution pratique de l'emploi de la lumière électrique, se transformeront probablement en appareils plus parfaits et plus appropriés aux besoins du service dans les diverses circonstances de la guerre.

Les projets d'appareils dont on verra la description ont pour objet l'emploi de la lumière électrique, que le foyer lumineux soit placé à une petite distance du sol ou à une très-grande élévation dans les airs. Nous les classerons donc en *appareils terrestres* et *appareils aériens*, comme on l'a vu précédemment.

§ 1er. — APPAREILS TERRESTRES.

On donne ce nom à ceux qui ont pour support la terre ou un point élevé, tel qu'une maison, une tour, un clocher, etc.

Ces appareils peuvent se diviser en deux espèces bien distinctes, selon qu'ils sont destinés à éclairer un petit espace ou une grande surface.

Ceux de la première pourraient servir cependant à éclairer successivement les diverses parties d'une grande surface en donnant des directions variables et convenables au faisceau lumineux produit par une lentille.

Une simple lentille portant à son foyer les charbons entre lesquels l'étincelle doit jaillir, et disposée de manière à prendre, en même temps, un mouvement autour d'un axe vertical et d'un axe horizontal, ferait atteindre le but proposé. Cet appareil pourrait être réduit à la plus grande simplicité, si l'inclinaison de la lentille, sa direction étaient données immédiatement par la main. Mais ces opérations longues rendraient l'emploi de l'appareil peu commode, peu rapide et insuffisant dans beaucoup de circonstances. On peut, au moyen de l'appareil suivant, donner au faisceau lumineux telle direction qu'on voudra, avec la plus grande facilité et très-rapidement.

Cet appareil, représenté pl. 1, fig. 1, 2, 3, se compose :

D'une lentille A plus ou moins grande, selon la distance à laquelle on veut porter la lumière, dont le cadre porte une espèce d'étrier à branches égales parallèles *b* fixées aux extrémités d'un même diamètre.

Cet étrier sert à fixer les tourillons autour desquels la lentille peut tourner, et prendre ainsi diverses inclinaisons avec l'horizon.

Ces tourillons reposent sur des coussinets portés par une fourche dont les branches symétriques se réunissent à un plateau situé au-dessous de la lentille. Ce dernier est percé à son centre d'une ouverture cylindrique dans laquelle passe un pivot vertical *i*, autour duquel le système peut prendre un mouvement

de rotation ; ce qui permet de donner à la lentille une direction azimuthale quelconque.

Au moyen de ce double mouvement, on peut diriger le faisceau lumineux sur un point quelconque, ou sur plusieurs points successivement : par exemple, sur une contrebatterie ou une parallèle dans un siége, sur la butte d'un polygone dans les écoles de nuit, pour assurer la direction des coups et rendre le tir de nuit presque aussi efficace que celui de jour. Le pivot autour duquel peut tourner le système est placé au sommet d'une colonne en fonte, creuse pour la rendre plus légère.

Cette colonne porte un système d'engrenages au moyen duquel on peut, quelle que soit l'élévation de l'appareil éclairant, donner à la lentille la direction convenable pour porter la lumière sur un terrain déterminé.

Le mécanisme au moyen duquel on obtient ce résultat, se compose de deux parties, l'une qui produit le mouvement de la lentille autour de l'axe vertical ; l'autre a son mouvement autour de l'axe horizontal.

Le mécanisme qui produit le premier mouvement, se compose d'une manivelle *m* avec un pignon monté sur le même axe, lequel engrène angulairement un autre pignon fixé au bas d'une tringle verticale dont la partie supérieure porte encore un pignon destiné à mener une roue dentée fixée au-dessous du pla-

teau qui sert de réunion aux branches de la fourche, support de tourillons.

Le mécanisme au moyen duquel on donne l'inclinaison à la lentille consiste en une manivelle *n* mettant en mouvement un pignon *o* engrenant dans une crémaillère *p*, dont la tête est disposée en collier, de manière à embrasser le montant *x* tout en pouvant se mouvoir de bas en haut et réciproquement.

Au-dessus repose une couronne mobile le long du montant *x*. Elle porte deux tourillons autour desquels tournent les branches d'une fourche dont la tige est bifurquée à l'autre extrémité pour s'attacher à la branche centrale *b* de l'étrier; de sorte que la couronne et l'étrier, formant système, sont assujettis à se mouvoir simultanément. Le mouvement relatif est tel que, quand la couronne monte ou descend, la lentille s'incline de manière que le faisceau lumineux rencontre le sol à des distances variables.

L'appareil comprend aussi une organe producteur de lumière.

Le foyer lumineux est produit par l'arc voltaïque qui jaillit entre les extrémités très-voisines de deux charbons préparés convenablement. Chaque charbon est placé dans un tube en cuivre fixé dans une boite *c* ménagée dans les branches de l'étrier. Ces boites sont situées de manière que les charbons viennent presque en contact au foyer même de la lentille. Les tubes, guides des charbons, sont isolés des boites par une substance isolante, telle que la gutta-perka, de

sorte que le courant magnétique ne peut passer des charbons dans les diverses parties métalliques de l'appareil.

Du charbon, le courant passe en *y* (fig. 4) dans un fil conducteur faisant partie de la bobine d'un électro-aimant, dont nous allons expliquer bientôt l'usage, pour se rendre à un pôle de la pile; la même chose a lieu pour le charbon opposé, de sorte que le circuit voltaïque est complet quand deux charbons se touchent, et que si on les éloigne très-peu, la lumière électrique apparaît éblouissante. La production de la lumière électrique n'offre donc aucune difficulté quand elle doit être d'une courte durée.

Mais quand elle doit durer un certain temps, il n'en est plus ainsi, car la combustion des charbons augmentant peu à peu la distance de leurs extrémités voisines, il arrive que le courant ne passe plus d'un charbon à l'autre, et, par conséquent, que la lumière électrique cesse d'apparaître.

D'après cela, pour obtenir une lumière continue, il faut faire avancer les charbons à mesure qu'ils se consument. La fig. 4 montre la disposition du mécanisme que nous avons imaginé pour parvenir à résoudre ce problème.

Il se compose d'un ressort à boudin, placé à une extrémité du tube conducteur du charbon, qui, par sa détente, fait avancer ce dernier. Le mouvement qu'il imprime est lent à cause de la pression exercée sur le charbon par les ressorts *vv*, convenablement

tendus au moyen de vis de pression. De plus, ce mouvement ne peut avoir lieu que si le courant voltaïque est interrompu, car, dans le cas contraire, l'électro-aimant attire une branche d'un levier coudé, dont l'autre fait agir un *frein-arrêt* qui arrête le charbon. Quand le courant cesse, le levier n'agit plus et la tension du ressort fait marcher le charbon jusqu'à ce que le circuit voltaïque soit rétabli.

D'après cela, il est facile de comprendre comment on obtient une lumière continue.

Quand la lumière électrique est produite, le mouvement des charbons est arrêté, parce que le circuit voltaïque est fermé. Quand elle cesse, c'est que le courant est interrompu ; alors les charbons soumis à la détente des ressorts, marchent à la rencontre l'un de l'autre jusqu'à ce que l'étincelle jaillisse de nouveau, et s'arrêtent aussitôt par la pression des freins. Ce jeu des charbons se répète indéfiniment, et la rapidité avec laquelle se succèdent les arcs voltaïques, fera prraître la lumière électrique sensiblement continue.

Maintenant, il est facile d'exposer l'usage de l'appareil dont nous venons de faire la description.

Quand on veut s'en servir, on met les fils conducteurs en communication avec les pôles de la pile, on tourne la manivelle *m* (fig. 1) pour diriger la lentille vers le terrain à éclairer ; puis, avec la manivelle *n*, on donne au faisceau lumineux l'inclinaison convenable pour porter la lumière à la distance voulue.

Cet appareil pourra servir pour éclairer, soit les batteries à ricochet que l'ennemi établit dans un siége, soit successivement les diverses parties d'une parallèle, etc.

En temps de paix, il pourrait être employé dans les écoles de nuit pour éclairer les buts à battre et accoutumer les canonniers à bien pointer pour atteindre des terrains éclairés à diverses distances.

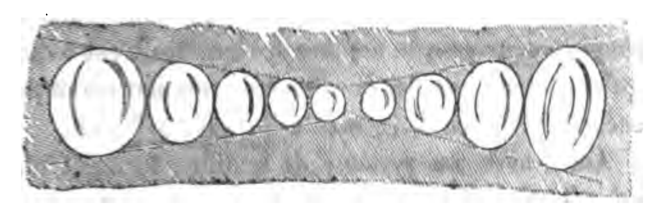
On peut avoir besoin d'éclairer de grands espaces par exemple : un camp surpris la nuit, une construction de pont, les glacis d'une place assiégée pour découvrir l'endroit où l'assiégeant veut ouvrir la tranchée, etc.

Dans ces diverses circonstances, l'appareil précédent ne convient plus. Nous allons décrire celui que nous avons imaginé pour réaliser l'éclairage d'une grande surface. Mais auparavant, nous rappellerons les principes sur lesquels il est fondé.

Supposons que la lentille de l'appareil précédemment décrit tourne autour de son axe horizontal, et examinons ce qui arrivera. Nous verrons le faisceau lumineux décrire une espèce de cercle vertical, et pendant ce mouvement éclairer successivement des éllipses de plus en plus petites à mesure qu'elles se rapprocheront de la verticale de l'appareil. Si la lentille continue à tourner, elle éclairera de nouvelles surfaces symétriques des précédentes. L'ensemble des espaces successivement éclairés aura pour lieu

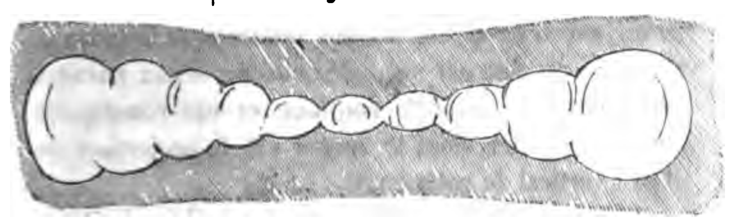
géométrique deux triangles ou secteurs opposés et symétriques comme dans la figure suivante :

Figure 1.



Mais si le mouvement de rotation, au lieu d'avoir une vitesse quelconque, en reçoit une qui oblige le faisceau lumineux de venir éclairer dix fois par seconde les mêmes surfaces elliptiques, chacune d'elles paraîtra l'être d'une manière continue et, par conséquent, leur ensemble ou lieu géométrique, de sorte que dans ce cas l'espace éclairé sera représenté par la figure 2.

Figure 2.



Il est évident que, si, au lieu d'une lentille l'appareil en avait deux symétriques tournant autour de leur foyer commun, la vitesse de rotation serait réduite

à moitié ou à cinq tours par seconde. Et si on employait un nombre quelconque de lentilles ayant un foyer commun et disposées en roue autour de ce dernier, de manière à se mouvoir dans un même plan vertical, la vitesse de rotation serait réduite dans la proportion inverse du nombre des lentilles, c'est-à-dire qu'avec deux lentilles la vitesse de rotation serait par seconde $\frac{10}{2}$; avec 3 $\frac{10}{3}$; avec 4 $\frac{14}{4}$; avec 5 $\frac{16}{3}$, etc.

Ainsi, avec un système de lentilles formant une *roue lenticulaire*, on peut éclairer deux secteurs symétriques tout en lui donnant un mouvement de rotation aussi petit qu'on voudra. Il suffira, pour cela, de multiplier convenablement le nombre des lentilles de la roue.

Si maintenant, outre ce mouvement dans son plan, la roue lenticulaire tourne en même temps autour de son diamètre vertical, les secteurs symétriques éclairés occuperont successivement les diverses parties de l'espace autour d'un point, centre de la surface à éclairer; et si cette vitesse, au lieu d'être quelconque, est telle qu'un secteur quelconque reçoive la lumière dix fois par seconde, chacun d'eux paraîtra éclairé d'une manière continue et par conséquent le cercle entier, dont le centre est la projection de l'axe vertical de rotation.

S'il n'y avait qu'un secteur éclairé, il faudrait une vitesse de rotation de dix tours par seconde, mais comme il y en a deux symétriques, il suffit qu'elle soit de cinq tours dans le même temps.

Au moyen de ce double mouvement de rotation et avec les vitesses indiquées, chaque partie de l'espace sera donc éclairée dix fois par seconde, de sorte que le problème de l'éclairage sera résolu pratiquement.

Ainsi, une roue lenticulaire douée d'un double mouvement de rotation suffit pour porter dix fois par seconde un faisceau lumineux sur les parties d'un vaste espace à éclairer, et résoudre le problème de l'éclairage électrique.

La planche 2 représente l'appareil au moyen duquel nous avons réalisé la conception théorique précédente.

Il se compose :

1° Du support A ou montant en fonte portant deux bras horizontaux B, C, situés dans le même plan vertical, dont l'inférieur B porte un pivot vertical, et le supérieur C un collier aussi vertical. Le pivot et le collier ont le même axe.

2° D'une chappe ou cadre vertical dont la partie inférieure porte une crapaudine qui repose sur le pivot, et la partie supérieure, un arbre cylindrique X qui s'engage dans le collier ; de sorte que la chappe peut prendre un mouvement de rotation autour d'un axe vertical passant par son centre de gravité. Elle porte à moitié de sa hauteur des coussinets destinés à supporter les tourillons d'une roue.

3° D'un appareil lenticulaire composé de lentilles puissantes disposées sur une circonférence, de manière

à former une roue (fig. 1 et 2), et à posséder un foyer commun situé sur l'axe.

Cette roue lenticulaire repose par ses tourillons sur des coussinets portés par la chappe, ou, mieux encore, sur des galets, si l'on veut diminuer le frottement dans le mouvement de rotation.

Les tourillons, au lieu d'être massifs, sont creux; cette disposition a été adoptée pour assurer le jeu de l'appareil électrique, comme on le verra plus loin.

4° D'un système d'engrenages disposé de manière à produire simultanément, et d'après les conditions voulues, un double mouvement de rotation, savoir: celui de la chappe autour d'un axe vertical, et la roue lenticulaire autour d'un axe horizontal.

5° D'un appareil électrique éclairant, composé de l'appareil producteur de lumière et de l'appareil régulateur.

Le premier consiste en deux cylindres de charbon recuit, placés dans les tourillons de la roue lenticulaire, amenés presque au contact par une de leurs extrémités et mis par l'autre en communication avec les pôles d'une pile, de manière à former un circuit complet.

Le second se compose d'un ressort à boudin destiné à faire avancer les charbons à mesure qu'ils se consument; de deux petits ressorts *v* destinés à rendre ce mouvement lent, d'un frein-arrêt *u* mis en action par le moyen d'un levier coudé *t* soumis à l'influence d'un électro-aimant *s*.

Cette reconnaissance sommaire faite, voici comment cet appareil fonctionnerait :

Le mouvement serait transmis, au moyen d'une courroie, à un tambour *k* par une roue inférieure (non tracée) mise en mouvement elle-même, soit par une manivelle mue à bras d'homme, soit par une petite machine à vapeur de 1/4 ou 1/5 de cheval, soit par tout autre moyen.

Ce tambour communique le mouvement à la roue *b* de même axe, laquelle engrenant le pignon *c* met en mouvement l'arbre *d* et la roue d'angle *e*.

Celle-ci engrenant la roue d'angle fixée à l'arbre de la chappe, communique à cette dernière et, par conséquent, au système lenticulaire qu'elle porte un mouvement de rotation autour de l'axe vertical.

En même temps la roue *e* engrenant la roue d'angle à double engrenage, mais folle autour de l'arbre *x*, communique par son intermédiaire le mouvement de rotation à la roue *h* et par suite à l'arbre *i* et au tambour *k*.

Celui-ci, au moyen d'une courroie, transmet le mouvement de rotation au tambour *l* qui le communique à la roue lenticulaire montée sur le même axe, qui tourne ainsi autour d'un axe horizontal.

L'appareil lenticulaire reçoit donc un double mouvement, l'un autour d'un axe vertical, l'autre autour d'un axe horizontal.

Ce double mouvement, convenablement calculé,

suffit pour diriger le faisceau lumineux successivement sur les divers points de l'espace à éclairer dix fois par seconde, ce qui produira le même effet que si l'espace entier était éclairé d'une manière continue.

On satisfera aux conditions essentielles de cette solution pratique, en imprimant à la roue *b* un mouvement peu rapide. Une vitesse de quinze tours par seconde suffira, car celle

De la rone	*c*	sera de	2 tours	5	en une seconde.
—	*e*	—	2	5	—
—	*f*	—	5	0	—
Du tourillon	*x*	—	5	0	comme il est nécessaire.
De la roue	*g*	—	5	0	—
—	*h*	—	2	5	—
—	*k*	—	2	5	—
—	*l*	—	2	5	—
De la roue lentic.	E	—	2	5	plus grande qu'il est nécessaire.

Cette vitesse de quinze tours par seconde suffira donc pour donner aux mouvements de rotation celle qui est nécessaire au jeu de la lumière électrique.

Nous avons supposé, dans ce qui précède, que la lumière électrique produite au foyer commun des lentilles, persistait malgré la combustion des charbons. Cela n'a pas lieu. Voici comment je suis parvenu à réaliser cette hypothèse.

La lumière électrique est produite de la manière suivante :

Deux cylindres de charbon bien recuit sont introduits dans des tubes en cuivre fixés dans l'intérieur

des tourillons de la roue lenticulaire. Les tubes et les tourillons sont séparés par une substance isolante et les charbons sont amenés presqu'au contact et au foyer commun des lentilles.

Chaque tube métallique communique par le moyen d'une tige métallique isolée avec une rondelle en cuivre *p*, aussi isolée du moyeu.

De la rondelle métallique part un fil métallique isolé qui vient s'enrouler sur un fer à cheval pour former un électro-aimant destiné à régulariser la combustion du charbon, comme on le verra plus loin, quand le courant est en activité, et qui de là va se réunir à une frette en cuivre *n* isolée du moyeu.

Chaque frette est constamment pressée par un ressort métallique fixé à une branche de la chappe ; et à chaque ressort est attaché un fil conducteur, métallique et isolé, qui descend le long des montans pour se réunir à un autre ressort qui presse, en tournant, un manchon métallique isolé.

Enfin, de chaque manchon part un fil métallique et isolé qui se rend à l'un des pôles de la pile.

Au moyen de cette disposition, un courant partant de la pile suit un fil métallique, arrive au manchon du pivot, passe par l'intermédiaire du ressort dans le fil qui court le long de la chappe, arrive au ressort de frette, passe dans la frette, de là dans le fil de l'électro-aimant, la rondelle, la tige, le tube et le charbon d'où il jaillit en produisant une étincelle éblouissante, pour passer dans le charbon op-

posé d'où il se rend par le tube, la cheville, la rondelle, le fil d'électro-aimant, la frette, les ressorts et les conducteurs à l'autre pôle de la pile, de sorte que nous avons ainsi un circuit voltaïque complet, indispensable pour la production de la lumière électrique.

Mais, comme le charbon se consume, il arriverait que le courant cesserait bientôt de passer d'un charbon à l'autre, et que la lumière électrique s'éteindrait. On évite cet inconvénient en faisant avancer les charbons à mesure qu'ils se consument, au moyen du mécanisme suivant :

Les charbons disposés dans des tubes peuvent avancer par l'effet de détente d'un ressort à boudin *x*, placé à une extrémité de chaque tube. Deux petits ressorts *vv*, dont on peut modifier la tension au moyen de vis de pression, pressent chaque aiguille de charbon, de manière à rendre son mouvement très-lent.

Ce mouvement des charbons a lieu seulement quand le circuit magnétique est interrompu, ou quand la lumière électrique ne jaillit pas, et jusqu'au moment où le rapprochement des charbons est devenu suffisant pour que l'étincelle jaillisse de nouveau. Car dans ce dernier cas l'électro-aimant attire une branche d'un levier coudé *t* dont l'autre agit sur un frein dentelé qui presse l'aiguille de charbon et arrête son mouvement tant que le courant circule ou que la lumière électrique jaillit.

Ainsi, quand les charbons sont assez rapprochés

pour que l'étincelle jaillisse, ils ne peuvent avancer ; mais aussitôt qu'elle ne jaillit plus et que, par conséquent, le courant est interrompu, l'électro-aimant cesse d'agir sur le levier coudé, le frein-arrêt n'agit plus, et les charbons peuvent avancer par la détente du ressort à boudin.

Lorsqu'ils ont avancé suffisamment pour que l'étincelle jaillisse de nouveau, le frein agit et les arrête jusqu'à ce que la combustion des charbons, interrompant encore le circuit, fasse cesser son action.

En un mot, quand l'étincelle jaillit, les charbons sont sans mouvement ; quand elle cesse, ils marchent à la rencontre l'un de l'autre jusqu'à ce qu'elle se manifeste de nouveau, et ainsi de suite, de sorte que ce mécanisme régulateur donne le moyen de produire une lumière sensiblement continue malgré la combustion des charbons.

En résumé, l'appareil proposé paraît remplir les conditions nécessaires pour produire une lumière continue malgré la combustion des charbons, et la diriger au moins dix fois par seconde sur les diverses parties d'un espace à éclairer. Il peut donc servir pour éclairer de grands espaces, par exemple les glacis d'une place, un camp, etc. ; lorsqu'il sera placé sur un point élevé, tel qu'une tour, un mât, etc.

En prenant pour axe de rotation verticale celui qui passe par le centre de la roue lenticulaire, nous avons choisi un cas très-particulier, parce qu'il est le plus simple pour faire concevoir le mouvement de

succession des secteurs éclairés ; mais la solution est générale, car on peut faire tourner la roue lenticulaire autour d'un axe vertical quelconque.

Dans la pratique, il est bon de choisir les cas particuliers, simples et facilement réalisables. Nous citerons donc comme utiles, pour éclairer complétement un espace circulaire, le solutions particulières suivantes, dont la réalisation mécanique se déduirait facilement de ce qui précède.

1° Prendre pour axe vertical de rotation une verticale située dans le plan passant par le foyer commun des lentilles et perpendiculaire à l'axe horizontal de rotation ;

2° Prendre pour axe vertical de rotation une verticale placée dans le plan passant par l'axe horizonta de rotation ;

3° Enfin prendre pour axe de rotation et de support le diamètre vertical de la roue, ce qui est le cas le plus favorable.

§ 2. — APPAREIL AÉRIEN.

L'appareil d'éclairage aérien destiné à être soutenu dans les airs au moyen d'un ballon captif repose sur les mêmes principes que l'appareil terrestre précédemment décrit. Comme ce dernier, il doit pouvoir diriger dix fois par seconde un faisceau lumineux sur les diverses parties de l'espace à éclairer.

Il est évident que notre roue lenticulaire, suspendue dans les airs et animée de son double mouve-

ment de rotation, réaliserait les conditions essentielles de l'éclairage d'une grande surface.

La question est ainsi ramenée à trouver les moyens de suspendre au ballon la roue lenticulaire avec le mécanisme de double rotation, et un moteur capable d'imprimer au système une vitesse suffisante pendant une durée de plusieurs heures, même pendant une nuit entière s'il était nécessaire.

La suspension de la roue lenticulaire avec le mécanisme du double mouvement de rotation, n'offre pas de difficultés. Il suffit simplement de remplacer le support vertical A (pl. 2) par un cadre-support (pl. 3) portant à la partie supérieure un anneau pour le suspendre à un crochet placé au-dessous de la nacelle du ballon.

Il était plus difficile de trouver un moteur aérien capable de satisfaire aux conditions essentielles de la solution du problème. A cette difficulté, s'en joignait une autre qui paraissait d'abord presque insurmontable, c'était de pouvoir diriger le moteur aérien à volonté en restant à terre.

Voici comment nous avons résolu ces difficultés :

Le moteur est un poids suspendu à l'extrémité d'une corde enroulée sur un tambour horizontal T placé au-dessous du cadre-support. L'arbre sur lequel le tambour est monté, est soutenu par le prolongement inférieur des branches verticales du cadre. Sur ce même arbre est fixée une grande roue, qui, au moyen d'une courroie sans fin, imprime au

système lenticulaire le double mouvement de rotation. Les dimensions des diverses roues sont calculées de manière que la roue motrice, montée sur l'axe du tambour, fasse un tour par minute. Après cela, en supposant le développement moyen d'un tour de corde enroulée égal à 0m,50, le poids moteur descendra de 30 mètres par heure, de sorte que si l'appareil est élevé de plus de 300 mètres, le poids ne touchera la terre qu'après dix heures de chute. S'il arrivait plus tôt à terre, on saisirait la corde, et en tirant dessus, on continuerait de mettre l'appareil lenticulaire en mouvement.

Nous supposons qu'avec la lenteur du mouvement du tambour, l'appareil lenticulaire formera un volant suffisant pour empêcher l'accélération de la descente du poids. S'il en était autrement, on mettrait un volant à ailettes sur l'arbre du tambour, à l'extrémité opposée à la roue motrice.

On dirige le mouvement du poids par la disposition suivante :

Sur l'arbre du tambour, près du montant voisin de la grande roue motrice, est fixée une roue à déclic D, entre les dents de laquelle un ressort pousse l'extrémité d'un levier-arrêt qui forme verrou quand le courant magnétique est interrompu. Quand au contraire le courant magnétigne circule, un électro-aimant E attire l'autre branche du levier-arrêt et rappelle le verrou, de sorte que le tambour peut tourner.

Le jeu de la lumière électrique est le même que

dans l'appareil (pl. 2), seulement, les fils conducteurs montent le long du cadre pour aller se réunir aux haubans métalliques qui communiquent avec les pôles de la pile.

Maintenant le jeu de l'appareil est facile à décrire.

Supposons l'appareil élevé dans les airs à l'aide d'un ballon maintenu captif au moyen de haubans métalliques servant de conducteurs, et ces derniers en communication avec les pôles de la pile.

Aussitôt la lumière électrique brillera dans les airs, et l'électro-aimant E mettra en liberté le poids moteur P, lequel en faisant dérouler la corde communiquera le double mouvement de rotation au système lenticulaire. Celui-ci lancera alors de tous côtés d'éblouissants rayons de lumière, et produira dans les airs l'effet d'un soleil artificiel, centre d'une vaste sphère lumineuse.

Les appareils que nous venons de décrire sont sans doute loin d'être parfaits et peuvent subir de nombreuses modifications; cependant, tels qu'ils sont, ils paraissent réaliser nos conceptions théoriques sur l'emploi de la lumière électrique.

En résumé :

Nous avons exposé, sur l'utilité militaire des artifices éclairants, les opinions des hommes de guerre remarquables ;

Nous avons montré que les artifices en usage sont insuffisants pour rendre les services qu'on devrait en attendre.

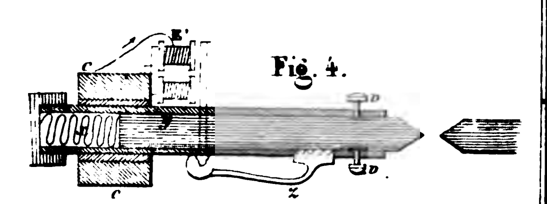
Nous avons montré que la lumière électrique paraît remplir les conditions nécessaires aux artifices éclairants.

Nous avons enfin exposé nos conceptions sur la manière de l'employer et décrit des appareils destinés à les réaliser.

Ainsi se trouve accomplie la tâche laborieuse que nous nous étions imposée dans l'intérêt du perfectionnement des artifices éclairants en usage à la guerre.

C'est maintenant à l'expérience à prononcer sur la valeur de nos conceptions théoriques.

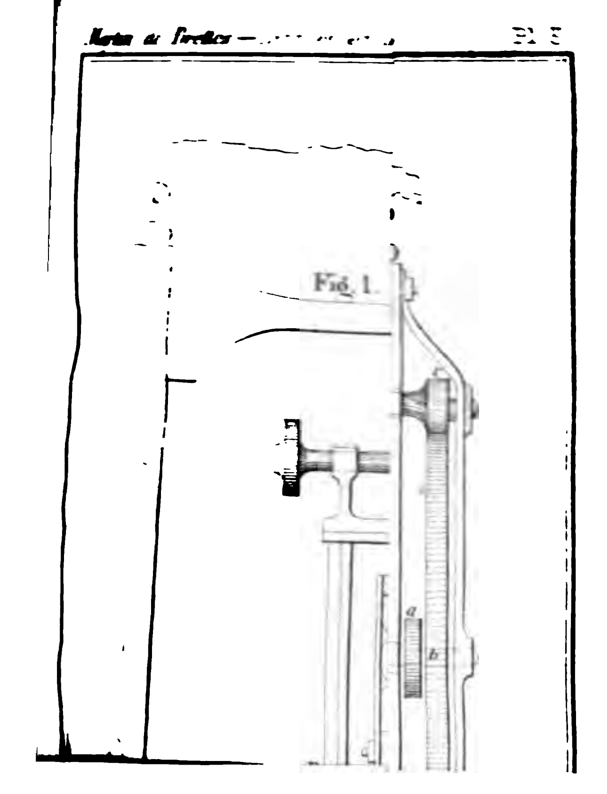
Poissy. — Typographie Arbieu.



la Fig. 2 est l'Élévation prise en avant de la Lentille.

la Fig. 3. est la Projection horizontale de l'Appareil lenticulaire de la Fig. 1 ou 2.

Paris Im


Fig. 1.
a
b

JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

HISTOIRE
DE
L'ANCIENNE INFANTERIE FRANÇAISE.

Par Louis Susane, chef d'escadron d'artillerie.

RÉGIMENT ROYAL DE L'ARTILLERIE.

(*Suite*). Ultima ratio.

L'année 1480 fut une année de grandes réformes, de réformes longtemps méditées par le roi. Jacques Ricard de Genouillac, seigneur de Brussac, dit le chevalier Galiot, nommé le 5 décembre 1479, par lettres datées de Candé, *maître visiteur et général réformateur de l'artillerie de France*, conduisit au camp du Pont-de-l'Arche 2500 ouvriers de tous états fournis par les villes, et pendant près de trois ans il les dressa aux travaux et exercices que comportaient les machines et la tactique de l'époque. On peut croire que cette *bande de pionniers* ainsi qu'on l'appela alors, dans laquelle se fondirent probablement les quatre bandes dont il a été question plus haut, était composée de gens choisis et destinés à faire honneur aux communes qui les avaient envoyés, car ils arrivèrent tous au Pont-de-l'Arche revêtus de la livrée de leurs villes respectives. On remarquera aussi la proportion des artilleurs aux autres troupes dans ce camp célèbre du Pont-de-l'Arche, qui, sur 26,000 hommes, comptait 16,000 hommes de pied (10,000 Français et 6,000 Suisses),

1,500 lances formant 7,500 cavaliers et 2,500 hommes de métiers. C'est le dixième environ du total.

Après la mort de Louis XI, son fils Charles VIII reconnut les services de Jacques Galiot, en le confirmant dans sa charge de maître général de l'artillerie par lettres données à Amboise, le 13 septembre 1483, mais il n'y eut plus de bandes d'artillerie entretenues. Toutefois, les travaux du Pont-de-l'Arche ne furent point perdus. Cette masse d'ouvriers habiles, initiés aux procédés les plus parfaits, qui retourna dans les cités, donna une vive impulsion à l'étude de tous les arts qui se rattachaient à la construction et à l'emploi des machines, forma des élèves, et permit à Charles VIII de mettre sur pied, onze ans plus tard, pour la conquête du Milanais et de Naples, une artillerie qui fit l'admiration des Italiens eux-mêmes, le peuple alors le plus avancé dans cette partie de la science militaire (1).

Le successeur du chevalier Galiot, Guy de Lauzières, nommé le 21 avril 1493, et le premier qui nous paraisse clairement avoir porté le titre de Grand maître de l'artillerie, sans conséquence cependant pour ceux qui l'ont suivi et qui, pour la plupart, n'ont eu que le titre de maître et capitaine général, nous conduit jusqu'au XVIe siècle.

(1) L'armée d'Italie, ou delà des monts, a eu son artillerie à part ainsi que son infanterie. Les maîtres généraux qui ont eu autorité delà les monts sont : Jean de La Grange de Vielchastel en 1494, tué l'année suivante à Fornoue; Jacques de Silly de Longray en 1501; Antoine de La Fayette de Pontgibaud en 1512; Jean de Pommereul du Plessis-Brion en 1515, tué en 1524 au siége d'Arronna sur le lac Majeur.

Nous donnerons une idée de l'état de l'artillerie à cette époque remarquable, ainsi que des prérogatives et de l'autorité dont jouissait le Grand maître, en citant une partie de l'ordonnance du 23 juin 1504, qui nomme Paul de Busserade, seigneur de Cépy, aux lieu et place de Guy de Lauzières. « Louis, etc., à cause de la longue expérience de notre amé, féal cousin Paul de Busserade, chevalier, seigneur de Cépy, octroyons par ces présentes l'estat et office de grand maître de notre artillerie, que souloit tenir et exercer le dict feu Guynot de Louzier, vaceant par son trépas... les mêmes prérogatives qu'avoit Guynot, et ses prédécesseurs. C'est assavoir : d'avoir le regard, et superintendance tant sur les canonniers, aydes de canonniers, maçons, charpentiers, forgeurs, chargeurs, déchargeurs, et aultres officiers d'icelle artillerie, et l'entretainement des bastons, pouldres, boulets de fer et autres provisions et munitions de la dite artillerie, avec pouvoir de la distribution et délivrance d'iceux et aussy de mener ou faire mener, ou conduire et exploiter pour notre service, et en nos armées et sièges la dite artillerie et faire faire la dite délivrance de matières, comme de salpêtre, souffre, plomb, pouldre et boulets, picqs, pelles, tranchés, piques, hallebardes, hallecrets, cervelliers, avec trousses de toutes autres munitions servant aux faits de la dite artillerie.... pareillement de ordonner ou disposer des gaiges et salaires des chartiers, chevaux, conducteurs, pionniers ou de tous autres frais et

dépenses extraordinaires d'icelle artillerie....... »

Paul de Busserade, tué en 1512, au siége de Ravenne, d'un coup de canon, fut remplacé le 16 mai de la même année, par Jacques Ricard de Genouillac, seigneur d'Acier, dit le chevalier Galiot, comme son oncle. Celui-ci commanda l'artillerie à Marignan, la première grande bataille où le canon ait joué un rôle décisif, et vit naître sous son administration la plupart des améliorations qui firent de l'artillerie de Henri II un service systématiquement organisé et à hauteur des services de l'infanterie et de la cavalerie de cette époque.

Comme cette organisation, surtout en ce qui a rapport au personnel, a été maintenue en vigueur jusqu'à Louis XIV, et même au delà pour certaines parties, sauf des modifications de détail qui n'en altérèrent point l'ensemble, nous devons lui donner place dans cette notice. Ce que nous en dirons est extrait du livre d'un homme de guerre contemporain, de l'*Art militaire* de Blaise de Vigénère.

« Le roy, pour la conduite de son artillerie, entretient plusieurs officiers, tant ordinaires qu'extraordinaires. Les ordinaires jouissent des mêmes priviléges et exemptions, quelque part qu'ils soient, de toutes tailles, subsides, aides, emprunts et autres exemptions quelconques, que ses officiers domestiques, et sont couchés et employés en un état général, fait par chacun an, par le maître de l'artillerie et le contrôleur général d'icelle : auquel état sont con-

tenus les noms et surnoms des officiers dessus dits, et les gages auxquels chacun d'eux est appointé. Cet état est tous les ans présenté au roy, qui le signe, y changeant, augmentant et diminuant ce que bon lui semble; puis délivré au trésorier ordinaire de ladite artillerie, qui recouvre ses assignations, par chacun quartier, du trésorier de l'épargne, pour les prendre sur les comptables où il reçoit ses mandements, et en payer puis après, par quartiers aussi, à mesure qu'ils sont échus, lesdits officiers de leurs gages, lesquels peuvent se monter par an à quelques 50,000 livres, à sçavoir :

« Le maître et capitaine général de la dite artillerie, 2,000 livres... Mais s'il y a armée dressée, ou qu'il soit en quelque autre sorte extraordinairement employé, il a, outre sesdîts gages, 500 livres par mois pour son plat. Et outre ce, il a encore, aux dépens du roy, tentes et pavillons pour lui, ses gens et chevaux, une chapelle d'argent, vaisselle d'étain, linge de table et ustensiles de cuisine portés et payés partout où il marche. »

Suivent les détails des gages et priviléges du contrôleur général de l'artillerie et de ses onze commis ordinaires, établis en chaque magasin des onze provinces du royaume. « Les onze magasins sont ceux qui s'ensuivent : Le premier, appelé Arsenal, est de l'Isle de France, à Paris ; celui de Picardie, à Amiens, (depuis transporté à Montreuil) ; de Champagne, à Troyes, (depuis à Châlons) ; de Bourgogne, à Dijon ; de

Dauphiné, à Lyon ; de Piémont, à Pignerol ; de Provence, à Aix, (et depuis à Marseille) ; de Languedoc, à Toulouse ; de Guyenne, à Bordeaux ; de Bretagne et Touraine, à Tours ; et de Normandie, à Rouen. »

Suivent également les émoluments du trésorier et du receveur général, du garde général et de ses onze commis. Arrivant aux officiers d'artillerie proprement dits, Vigénère continue ainsi :

« Le lieutenant-général de ladite artillerie a, par chacun an, de gages ordinaires, la somme de 800 livres, et d'extraordinaire, 200 livres, et pareillement tentes et pavillons, tant pour lui que pour ses gens et chevaux ; la vaisselle d'étain, linge de table et ustensiles de cuisine, payés et conduits aux dépens du roy.

« Les commissaires ordinaires, couchés en l'état, au-dessous du lieutenant-général, combien qu'ils soient de même autorité l'un que l'autre, sont néanmoins appointés diversement. Les plus haut ont 400 livres par an ; les autres 350 livres ; d'autres 300 livres ; d'autres 250 ; et d'autres 200 livres ; le tout à la discrétion du maître de l'artillerie, selon qu'il les connoît le mériter. Ils souloient être communément vingt-quatre, dont les uns ont de gages extraordinaires par mois 100 livres, d'autres 50 livres ; et leur sont baillées et départies des tentes et pavillons, selon le plus et le moins, au vouloir dudit maître.

« Il y a environ deux cents canonniers appointés

de diverses sortes, dont les plus haut ne sont qu'à 100 livres par an, et sont compris en ce nombre aucuns poudriers et gens de métiers qui savent faire l'un et l'autre; on leur baille et départ de petites tentes pour mettre auprès des pièces, en chacune desquelles se retirent ceux qui sont ordonnés pour la pièce qu'ils doivent exécuter.

« Après sont couchés au dit état le prévôt et ses archers; le maréchal des logis et fourriers; l'apothicaire, le chirurgien et ses aydes; les fondeurs, les charpentiers, les charrons, les forgeurs d'affûts, les forgeurs de rouages, les tonneliers, les tentiers, les déchargeurs, les capitaines du charroi et les conducteurs d'iceluy; tous lesquels officiers sont aussi diversement appointés, les plus haut à 120 livres par an.

« On a depuis érigé (*ordonnance de décembre* 1552) certain nombre de capitaines de chevaux par les provinces, qui ont 200 livres de gages ordinaires, et jouissent des mêmes priviléges que les dessus dits.

« Puis sont couchés audit état général, les commissaires, canonniers, et autres officiers vieux et impotents, qui ont autrefois bien fait leur devoir; les uns à semblables appointements qu'ils souloient, les autres à moins, dont ils jouissent, et pareillement de leurs priviléges, jusqu'à leur trépas.

« Quand le roi entend faire mettre en campagne quelque bande d'artillerie,..... il est besoin que le maître de l'artillerie, ou son lieutenant-général, ou l'un des commissaires,..... sachent du roi, ou son

conseil, son intention ; afin que, sur ce, ils puissent dresser leur équipage, tant des pièces que de leur suite.

« Après donc que l'état en aura été dressé, faut qu'ils fassent dépêcher lettres adressantes aux capitaines des chevaux du charroi de l'artillerie,... pour tel nombre de chevaux qu'ils auront avisé être nécessaire, et leur fassent délivrer les deniers qu'on a accoutumé d'avancer pour le recouvrement de leurs chevaux, qui est à raison de vingt écus pour cheval, leur assignant le jour et le lieu auquel ils se doivent trouver avec les chevaux et charrettes et leur équipage.....

« Et pareillement, qu'ils fassent dresser des commissions pour lever les pionniers qu'ils auront aussi avisé être requis, pour les envoyer aux Élus des lieux avec de l'argent pour autant de jours qu'ils pourront mettre à venir du lieu où ils seront levés jusqu'où se fera l'assemblée ; et faut que ce soient gens de bras et de peine, afin qu'on en puisse tirer service, et *qui aient feu et lieu*, à ce qu'advenant qu'ils s'en voulussent en aller sans congé, ils aient cette crainte qu'on les pourra aisément recouvrer pour en faire punition. Et pour cet effet, on les enrôle par dizaines, dont le dixième répond des autres, et les représente quand on l'en requiert. »

Suit l'énumération des soins minutieux que les commissaires doivent apporter à la réunion des objets matériels et à la composition de l'équipage.

« Quand les chevaux mandés seront arrivés, le maître et le contrôleur général, ou leur lieutenant et commis, en feront la montre, ensemble des charrettes qu'ils sont tenus de fournir, et des charretiers qu'ils présenteront, pour voir s'ils seront propres à faire service. Et ne faudra oublier de coter en tête les meilleurs chevaux qui seront propres pour mener les pièces, ce qui sera un grand soulagement pour dresser l'attelage......

« Quand les pionniers mandés arriveront, le maître de l'artillerie, et en son absence le lieutenant-général, ou les commissaires, avec l dit contrôleur général ou l'un de ses commis, en feront la montre sur le rôle des Elus, qui en auront fait la première revue, contenant le jour de leur partement et l'argent qu'ils auront reçu.....

« Au demeurant, le commissaire qui aura la charge et conduite desdits chevaux, charretiers et pionniers, n'oubliera, tant qu'on n'ait atteint le pays de l'ennemi..... de partir le dernier du logis, pour entendre s'il n'y aura point quelques plaintes et y donner ordre; envoyant le fourrier devant pour faire le logis.

« Outre les officiers ordinaires, faut qu'il y en ait d'extraordinaires, à sçavoir: des commissaires, canonniers, charpentiers, charrons, forgeurs, déchargeurs, tonneliers et tentiers, et par spécial, des charpentiers et charrons, ceux de qui on a communément plus d'affaire en cet endroit. Et a-t-on de coutume

de commettre volontiers pour des commissaires extraordinaires, des plus expérimentés et diligens canonniers ordinaires, ce qui leur donne occasion de bien faire sous l'espérance d'être avancés au rang des commissaires ordinaires.

« Les déchargeurs doivent être gens d'expérience au fait de l'artillerie, et dignes de foi, et quasi comme contrôleurs, qui avertissent le maître et le contrôleur général, ou leurs commis, des menues affaires qui surviennent où ils ne pourraient pas assister et avoir l'œil, et spécialement pour la réception et délivrance des munitions, pour en décharger ceux qui en ont la charge... » On voit que les déchargeurs étaient ce qu'on appelle de nos jours gardes d'artillerie.

« Partie des pionniers se doit bailler aux canonniers pour servir autour des pièces, les ramener quand elles ont tiré, les recharger et aider à braquer, et aussi pour faire vues et fenêtres avec leurs cognées, serpes et gohzards, s'il y a des haies et buissons et autres obstacles..... Et se doivent départir pour chaque canon, trente pionniers; pour grande couleuvrine, vingt-quatre; pour bâtarde, douze; pour moyenne, six; et pour faucon et fauconneau, quatre à chaque pièce. Le reste desdits pionniers doit demeurer, partie au clos de la munition, partie avec les poudres et boulets, tant pour les garder que porter, et en outre faire ce qui leur sera ordonné...

« Les canonniers, tant ordinaires qu'extraordinaires, sont départis pour l'exécution des pièces

comme il s'ensuit, à sçavoir : pour canon, deux ordinaires, trois extraordinaires; pour grande couleuvrine, deux ordinaires et deux extraordinaires; pour bâtarde, un ordinaire, trois extraordinaires; pour moyenne, un ordinaire, deux extraordinaires; pour faucon et fauconneau, à chacun un ordinaire et un extraordinaire. Pour les arquebuses à croc, chaque canonnier extraordinaire en exécute une. »

Les attelages des bouches à feu montées sur affûts étaient composés de 23 chevaux pour un canon, de 17 pour une grande coulevrine, de 13 pour une bâtarde, de 9 pour une moyenne, et de 4 à 6 pour les faucons et fauconneaux. Un charretier conduisait quatre chevaux, et 200 chevaux formaient la part de commandement d'un capitaine. L'approvisionnement des bouches à feu était de 200 coups pour les canons et coulevrines, et de 250 pour les bâtardes et les moyennes.

Nous terminerons cette citation par un résumé de la composition d'un équipage ordinaire de campagne. Un équipage de 30 bouches à feu, comprenant 10 canons, 4 grandes coulevrines, 8 bâtardes et 8 moyennes, était commandé par un lieutenant d'artillerie et quatre commissaires ordinaires, ayant sous leurs ordres, outre les officiers comptables et de justice, 94 canonniers, 6 charpentiers, 4 charrons, 4 forgeurs, 4 déchargeurs et 1500 pionniers. Le train se composait d'un capitaine du charroi, de quatre conducteurs ordinaires du charroi, de sept

capitaines de chevaux, de 325 charretiers et de 1,300 chevaux menant, outre les affûts, 200 chariots ou charrettes.

Il résulte de ce qui précède, qu'au XVIe siècle, le personnel militaire de l'artillerie, entretenu en tous temps, se composait du Grand maître et de son lieutenant-général, de vingt à trente commissaires ordinaires et de 200 canonniers appointés, auxquels on doit joindre un nombre proportionné d'employés et de maîtres ouvriers de diverses sortes et quelques capitaines de chevaux.

A ce cadre permanent, appartenant à l'armée, venaient se joindre, suivant les besoins, en qualité d'auxiliaires, des commissaires et des canonniers extraordinaires, c'est-à-dire des ingénieurs et des ouvriers civils, aspirant, pour la plupart, à obtenir la position de commissaires et de canonniers ordinaires entretenus, jouissant, en attendant, de certaines immunités et franchises, mais tenus de répondre à l'appel du roi.

On voit, ainsi que nous l'avons déjà dit ailleurs, que cette organisation présentait de l'analogie avec ce qui existe encore de nos jours pour la marine de guerre, dont le cadre permanent peut s'élargir et se remplir par l'admission des officiers et matelots de la flotte marchande, soumis à cet effet, à une législation spéciale.

Dans la pratique du XVIe siècle, les commissaires ordinaires exerçaient les fonctions des capitaines et

officiers supérieurs actuels; les commissaires extraordinaires celles des lieutenants; les canonniers ordinaires étaient chefs de pièces et pointeurs; les extraordinaires remplissaient, autour de la bouche à feu, les postes qui demandaient la connaissance et l'habitude du métier; enfin tout ce qui était affaire de bras était le partage des pionniers, dont le nombre était énorme, sans doute pour compenser la qualité, puisqu'on en attachait 1500 à un parc de 30 pièces (1).

La garde de cet attirail était confiée, en campagne, à des bandes d'infanterie désignées spécialement pour ce service, et toujours les mêmes pendant la durée d'une expédition. C'étaient habituellement des bandes suisses, et cet usage s'était introduit dès le commencement des guerres d'Italie, sous Charles VIII. Ce fut, dit-on, un privilége concédé aux Suisses par ce prince, à la suite de la bataille de Fornoue, où ils avaient sauvé l'artillerie par leur intrépidité, et renouvelé par François Ier après Marignan, quand les Suisses, battus par nous, jurèrent la

(1) Il résulte d'un passage des *Aventures du baron de Fœneste*, que, vers la fin du XVIe siècle, ces pionniers avaient une organisation militaire et un costume uniforme, au moins dans l'armée protestante. Voici ce passage :

« Il me semble, dit Beaujeu à Fœneste, vous avoir veu en l'armée du roy de Navarre, quand il reprit Marans, aux enseignes de la petite casaque de drap rouge.

« Ha ! je vous dirai, répond Fœneste, qui se croit attaqué dans sa noblesse, mon père avoit charge à l'artillerie, et quelques fois par voutade et par caprice, je prenois quelque casaque d'un des pionniers de sa compainie, mais par fantaisie, non pas autrement. »

paix éternelle avec la France. Au reste, à cette époque, il y avait en effet peu de compte à tenir de la solidité des gens de pied français ; mais, si les Suisses sont restés pendant près de deux siècles en possession de ce privilége honorable, il ne faut point voir dans cette singularité l'aveu de l'infériorité continue de notre infanterie, mais le résultat de la routine, de la religion des usages et surtout de la morgue des officiers placés à la tête des bandes, aux yeux de qui la mission d'escorter l'artillerie n'était qu'une gêne et même une humiliation.

Malgré les préjugés contre lesquels il avait eu à lutter, préjugés qui devaient longtemps encore le retenir dans une position mal définie et au-dessous de l'importance de ses services, le corps de l'artillerie avait su se donner, avant le commencement des guerres civiles, une constitution qui devançait celle de l'infanterie elle-même, et se faisait dès lors remarquer par un esprit d'ordre et de prévoyance, un soin des détails et une régularité de service qui ne se sont jamais démentis.

A partir de l'époque, sur laquelle nous venons de nous arrêter, le corps réalisera, avec suite et sans précipitation, toutes les améliorations qui lui seront indiquées par le progrès de l'art et par le perfectionnement graduel de la constitution de l'armée ; mais il tirera toujours sa principale force du mode de recrutement de ses officiers de tous grades et de toutes classes, pris les uns parmi les artisans les plus habiles et les plus probes, les autres fournis par la partie éclairée de la bourgeoisie et par ces familles de fi-

nance et de parlement, qui n'étaient pas encore de la noblesse, et que celle-ci, cependant, était déjà obligée de considérer et d'admettre au partage de ses prérogatives.

A Jacques Ricard de Genouillac, qui avait exercé pendant presque toute la durée du règne de François Ier la charge de Grand maître de l'artillerie, succéda, le 21 janvier 1546, Jean de Taix, naguère capitaine général de toute l'infanterie de France, tant deçà que delà les monts. Celui-ci ne reçut toutefois, dans ses lettres de nomination, que le titre de maître et capitaine général.

Henri II, à son avénement à la couronne, en même temps qu'il créait les colonels généraux de l'infanterie, donnait le 11 avril 1547, la charge de maître et capitaine général à un homme de naissance, à Charles de Cossé, comte de Brissac, remplacé lui-même, le 9 juillet 1550, par Jean, marquis d'Estrées, qui avait épousé Catherine de Bourbon, fille du bâtard de Vendôme. Sous le marquis d'Estrées, la charge obtint des privilèges essentiels qui l'égalèrent à celle du colonel général de l'infanterie. Par lettres du 15 août 1557, cinq jours après la funeste bataille de Saint-Quentin, qui détermina d'importantes réformes, M. d'Estrées reçut, pour lui et pour ses successeurs, pleins pouvoirs pour nommer directement aux offices vacants. Le même brevet disait, que le maître et capitaine général devait répondre et communiquer le plus souvent avec le roi, et l'établissait comme le colonel général de l'infanterie, capitaine et colonel

de deux enseignes de gens de pied, spécialement attachées auprès de sa personne à la garde du quartier général de l'artillerie. Une de ces compagnies colonelles survécut aux réformes de Henri IV, prit plus tard le nom de compagnie des canonniers du Grand maître, et est entrée en 1671 dans la composition du régiment Royal de l'artillerie.

Jean d'Estrées, vieux et cassé, après avoir été obligé, en 1567, de faire exercer sa charge par Jean Babou de La Bourdaisière, seigneur de Sagonne, eut pour successeur, le 6 novembre 1569, Armand de Gontaud, baron de Biron, maréchal de France en 1577, tué d'un coup de canon, le 26 juillet 1592, au siége d'Épernay. Philibert de La Guiche l'avait remplacé, le 6 juillet 1578, avec le titre de Grand maître et capitaine général, et céda la charge, le 5 septembre 1596, à François d'Épinay-Saint-Luc, tué, le 8 septembre 1597, au siége d'Amiens, d'un coup d'arquebuse. La belle Gabrielle eut alors la fantaisie de faire de son père un Grand maître de l'artillerie, et, dès le 1er octobre, Antoine d'Estrées était en possession. Cela dura aussi longtemps que vécut la favorite. Gabrielle mourut le 10 avril 1599, et, le 13 novembre de la même année, Maximilien de Béthune, baron de Rosny et duc de Sully, était nommé Grand maître de l'artillerie, vu *la démission volontaire* du précédent.

Sous l'influence de cet homme illustre, les progrès du corps de l'artillerie prirent une allure rapide. Il convient toutefois de remarquer que les circonstances avaient déjà, d'elles-mêmes, singulièrement fait

ressortir l'importance du service de ce corps, et que le Grand maître n'eut en quelque sorte qu'à constater les faits acquis, à en développer les conséquences, à les coordonner et à les réduire en réglements. Les nombreuses ordonnances promulguées par Henri III, au sujet de l'artillerie, témoignent assez de l'intérêt qu'on attachait, pendant les guerres civiles, à assurer le bon emploi du canon, et l'on peut dire que le rôle de Sully a surtout été une mission d'ordre, de régularisation et d'économie, pour laquelle sa grande intelligence, la fermeté de son caractère et jusqu'à son orgueil et son avarice semblaient l'avoir fait naître.

La guerre civile, en effet, et l'on regrette de le dire, est une grande école de guerre. Dans ces temps malheureux, où tout le monde est soldat pour le succès d'un parti et pour sa défense personnelle, où l'idée fixe est, non pas seulement de vaincre, mais de détruire son ennemi, l'esprit de l'homme acquiert une faculté diabolique d'invention et de perfectionnement. La tendance à l'emploi habituel des machines de guerre les plus puissantes, de l'effet le plus prompt et le plus grand, s'augmente en raison du peu d'étendue et du peu de durée des opérations, qui permettent de transporter machines et munitions facilement et sans beaucoup de frais, de les réparer ou de les remplacer entre deux expéditions.

Pendant les guerres de religion qui remplirent le dernier tiers du XVI[e] siècle, il n'est pour ainsi dire pas une ville, un bourg, en France, dont la

vieille enceinte n'ait été entamée par le canon, par la mine ou par le pétard. Quelques forteresses, qui avaient commencé depuis une cinquantaine d'années à s'entourer de fortifications rasantes, se virent aussi à cette époque insultées pour la première fois. Les armées, peu nombreuses en général, se fortifiaient de toutes les bouches à feu enlevées aux villes. On vit l'artillerie se mettre en batterie en rase campagne, à découvert, en avant de l'infanterie, et, à la journée d'Arques, Charles de Gontaud, baron de Biron, conduisit à la charge un escadron de cavalerie au centre duquel marchaient deux coulevrines. Cette nouvelle manière de combattre exigeait une augmentation du nombre des canonniers et une diminution de celui des pionniers ou goujats. Ceux-ci disparurent presque complétement dans les dernières campagnes faites par Henri IV contre les Espagnols, alliés des Ligueurs. L'armement formidable des nouvelles places bastionnées effrayait, on doit le croire, de malheureux paysans que la contrainte seule pouvait amener aux tranchées. Henri IV, comme nous l'avons dit ailleurs, profita d'un mouvement d'impatience et d'indignation manifesté par les vieilles bandes au siége d'Amiens, en 1597, et fit faire les travaux par l'infanterie. Il paya les soldats à la toise, et donna à ceux qui n'avaient point été tués en travaillant la somme entière qu'il avait promise. La réussite de cette tentative, les éloges du roi adroitement distribués et un sentiment de satisfaction intérieure du service

qu'elle avait rendu, opérèrent ce jour-là une révolution dans l'esprit de l'infanterie. A partir de ce moment, elle devient la fidèle auxiliaire de l'artillerie dans les siéges et sur les champs de bataille, ne laissant aux pionniers que les travaux à exécuter hors de la portée du feu de l'ennemi.

A la paix de Vervins, suivie de si cruelles réformes parmi les gens de guerre, le personnel entretenu de l'artillerie fut, au contraire, notablement augmenté. Henri IV établit dans toutes les places des canonniers et des bombardiers, et dans les plus importantes il mit des officiers chargés d'en réparer et d'en améliorer le matériel et les fortifications. Les emplois nouveaux furent, en général, donnés aux officiers et soldats réformés de l'infanterie qui avaient montré de l'aptitude ou du talent. Le roi accorda en même temps une haute-paie à un certain nombre d'hommes par compagnie d'infanterie, sous la condition de se pourvoir d'outils propres à remuer la terre ou à couper le bois, et de se rendre capables de diriger leurs camarades dans les opérations d'un siége.

Sully, qui avait commandé en personne l'artillerie pendant la guerre de Savoie et qui l'avait fait servir avec éclat et habileté au siége de Montmélian, obtint du roi l'érection de sa charge de Grand maître en office de la couronne, comme celles des colonels généraux de l'infanterie et de la cavalerie. L'ordonnance d'institution fut rendue à Lyon au mois de janvier 1601, et enregistrée au parlement de Paris le 6 février suivant. C'estdu temps de Sully que datent

solde extraordinaire. Quelques officiers, plus courtisans que gens de guerre, lui ayant représenté que le marquis de Spinola et le prince d'Orange exigeaient un pareil service de leurs troupes, sans rien leur donner au delà de leur solde : « Pour moi, dit le roi, je me ferais conscience d'exposer mes soldats à des périls qui ne sont pas attachés à leurs fonctions ordinaires, sans les animer par quelque récompense. » C'était du même coup accomplir un acte d'équité et rehausser aux yeux du soldat le mérite du service de l'artillerie.

Un grand nombre d'officiers d'infanterie, ceux surtout que leur naissance devait arrêter au grade de capitaine, étudièrent avec ardeur l'art de l'attaque et de la défense des places et reçurent des brevets d'ingénieurs ou de commissaires extraordinaires de l'artillerie. Quelques-uns de ces officiers s'ouvrirent ainsi un chemin vers les plus hautes dignités militaires : il suffit de nommer Fabert et Vauban. Par réciprocité, les commissaires de l'artillerie et les ingénieurs prirent rang dans l'armée et devinrent susceptibles de parcourir l'échelle des grades.

Nous citerons ici comme un indice du partage qui se faisait dans les opinions des officiers de l'infanterie, vers le milieu du XVIIe siècle, un discours que l'auteur des *Campagnes du maréchal de Fabert* met dans la bouche de cet homme illustre.

En 1641, au siége de Bapaume, quelques officiers du régiment des Gardes Françaises trouvaient mauvais que Fabert s'occupât des sapes, des mines, de

l'artillerie, des [illegible]
vant les [illegible]
ami, de la [illegible]
capitaine aux [illegible]

« Je [illegible]
prement de [illegible]
dres cependant [illegible]
fait le [illegible]
toujours [illegible]
l'on me [illegible]
sans honneur [illegible]
ne sert que [illegible]
que ces [illegible]
conduiront aux [illegible]
Tout [illegible]
bon que [illegible]
ment des [illegible]
à sa [illegible]
lera des [illegible]
ordre [illegible]
mes [illegible]
mettre à la [illegible]
[illegible]

[illegible]
l'extermination [illegible]
lui [illegible]
soumettait les [illegible]
levé [illegible]
remettant au [illegible]

dernières traces des préjugés chevaleresques, et en attendant, il confiait, le 27 septembre 1634, à la mort du marquis de Rosny, la charge toute-puissante de Grand maître de l'artillerie à son cousin germain, Charles de La Porte, duc de La Meilleraye.

Mazarin agit de même et, le 16 avril 1648, le duc de La Meilleraye, devenu maréchal de France, fut remplacé par son fils, Armand Charles de La Meilleraye, duc de Mazarin, auquel le cardinal avait fait épouser une de ses nièces et transmis ses titres.

La paix des Pyrénées, en 1659, laissa le corps de l'artillerie, sous le rapport de la forme de l'organisation, dans l'état où il se trouvait à la paix de Vervins. C'était encore, au-dessous du Grand maître, des maîtres ou lieutenants-généraux de l'artillerie, exerçant par délégation une partie des pouvoirs du Grand maître dans les provinces, des commissaires et des employés répartis dans les places et dans les ateliers de construction, des capitaines de chevaux dans chaque province, et enfin des bombardiers et des canonniers distribués dans les forteresses en raison de l'importance de chacune d'elles.

Au moment où Louis XIV prit en main le gouvernement de l'État, cette organisation n'était plus suffisante. Elle répondait assez bien encore au service que l'artillerie avait à faire dans la guerre de siéges ; mais cette guerre de siéges allait être complètement transformée sous la main de Vauban, et les essais tentés par Gustave-Adolphe, pendant la

guerre de Trente Ans, pour faire appuyer par des pièces légères les mouvements des troupes sur le champ de bataille, commençaient à être imités en Allemagne et en Hollande. Il devenait donc nécessaire de modifier l'organisation de l'artillerie et de la rendre plus militaire.

Louis XIV était tout-puissant; un signe de sa volonté faisait taire toutes les objections; il aimait et estimait l'artillerie; il était fort des opinions de Louvois, de Colbert et de Vauban. Il n'osa cependant entrer dans la voie qui lui était indiquée que peu à peu, et même par plusieurs détours.

En 1667, lorsque le roi déclara la guerre à l'Espagne, une partie des canonniers et bombardiers, distribués dans les places, furent appelés à l'armée, suivant l'habitude. Ils servirent avec éclat à la prise de plusieurs villes de la Flandre, et au commencement de 1668 ils contribuèrent encore à la rapide conquête de Besançon. Après ce siége, qui termina les hostilités, Louis XIV, au lieu de renvoyer ces hommes dans les places qui les avaient fournis, les retint sur pied et en forma six compagnies, quatre de canonniers et deux de bombardiers.

Des motifs qu'il serait difficile de déterminer, amenèrent presque aussitôt la réforme de ces compagnies. Le Grand maître, peut-être, avait-il allégué que ces canonniers et bombardiers étaient plus utiles dans les places. Ce qui est certain, c'est que le 28 juillet 1669, le duc de Mazarin se démettait

volontairement de sa charge en faveur de Henri de Daillon, duc du Lude, premier gentilhomme de la chambre (1).

Le projet fut repris aussitôt sous une autre forme et, le 4 février 1671, Louis XIV créa un régiment d'infanterie, sous le titre de régiment des Fusiliers du roi, dont le Grand maître, duc du Lude, fut établi colonel-lieutenant, et qui eut pour destination spéciale la garde de l'artillerie. On se rappelle que cet honorable service avait jusque-là été un des priviléges des Suisses. Il était digne de Louis XIV de faire disparaître un usage qui avait quelque chose de blessant pour l'infanterie française. Il profita habilement d'un moment où il n'y avait plus en France d'autres troupes suisses que le régiment des Gardes, fit valoir l'importance de cette restitution, et introduisit ainsi par un biais l'organisation militaire de l'artillerie, que nous allons voir se développer.

Pour la formation des quatre compagnies de 100 hommes, qui composèrent à l'origine le régiment des Fusiliers, on prit d'abord les débris de l'ancienne compagnie des canonniers du Grand maître, employée jusque-là au service de l'Arsenal de Paris. Cette compagnie, complétée au moyen d'hommes choisis dans les régiments d'infanterie, resta sous le

(1) Le duc du Lude était maréchal de camp du 30 mars 1668. Il devint lieutenant-général le 4 juillet 1670.

commandement direct du Grand maître. La 2e compagnie, placée sous les ordres du lieutenant-colonel (1), fut composée de sapeurs, c'est-à-dire de gens propres aux travaux des tranchées et des mines. Les 3e et 4e réunirent des ouvriers en bois et en fer, sachant faire les réparations du matériel et jeter les ponts. Ces trois dernières compagnies furent exclusivement recrutées avec des hommes tirés de l'infanterie. Le régiment du Roi fournit tous les officiers; les commissaires de l'artillerie restèrent complétement en dehors de cette organisation, mais leur état fut amélioré par la création des grades de commissaire provincial et de commissaire extraordinaire.

Le roi ne négligea, au reste, rien de ce qui pouvait donner de l'éclat à son institution et apaiser en même temps les derniers scrupules des hommes qu'il appela dans le nouveau corps. Le régiment des Fusiliers du roi est le premier des corps entretenus qui ait été complétement armé de fusils au lieu de mousquets; il est le premier dont les soldats aient eu entre leurs mains la terrible baïonnette; il est aussi le premier qui ait revêtu le costume uniforme. Ce costume fut magnifique, eu égard à la simplicité des habits délivrés vers la même époque aux autres troupes. Il se composait d'un habit blanc avec les

(1) Abel Louis de Marans de Varennes, premier lieutenant-colonel des Fusiliers du roi, était précédemment major du régiment du Roi. Il fut fait brigadier le 23 février 1677.

parements et la doublure bleus; le collet, la veste, la culotte et les bas étaient rouges et les boutons de métal doré. Les drapeaux étaient pareils à ceux du régiment du Roi, avec cette différence, que le vert et le rouge, au lieu de présenter une teinte mate, avaient des reflets changeants, de nuance aurore, destinés à rappeler les couleurs des feux du ciel et de l'enfer.

Le 20 août 1671, six mois après sa création, et au moment où Louis XIV faisait ses préparatifs de guerre contre la Hollande, le corps reçut une augmentation considérable, déterminée par l'importance des parcs d'artillerie qu'il devait escorter. On y incorpora 22 compagnies, tirées des régiments d'infanterie. Deux de ces compagnies furent organisées en grenadiers, par un choix d'hommes fait sur toutes les autres, et le régiment fut divisé en deux bataillons de treize compagnies chacun. La compagnie de sapeurs du lieutenamt-colonel, qui appartenait au roi, marchait à la tête du 1er bataillon; celle des canonniers du Grand maître était la première du 2e. Les deux compagnies d'ouvriers, qui prirent plus tard la tête des 3e et 4e bataillons, étaient partagées, ainsi que les grenadiers, entre les deux bataillons.

Le régiment des Fusiliers du roi, pendant la campagne de 1672, contribua, comme infanterie, à la rapide conquête d'Orsoy, de Rheinberg, d'Utrecht et de Doësbourg. Il fit, en 1673, le siége de Maës-

tricht, où le capitaine de Petit-Bord fut blessé dans la tranchée, et il alla prendre ses quartiers d'hiver dans la Bourgogne. Il servit, en 1674, à la prise de Besançon et de Dôle, qui capitulèrent le 15 mai et le 6 juin, et rallia ensuite le prince de Condé, qui battit le prince d'Orange à Séneff. Dans cette bataille, le 1er bataillon, avec quatre petites pièces de canon, forma la tête de la colonne d'attaque contre le village et l'église de Séneff, où l'infanterie d'Espagne fut complétement défaite. Il termina cette journée en culbutant un gros corps d'infanterie hollandaise. Deux frères, nommés Dorthe, tous deux capitaines, se distinguèrent extrêmement. En 1675, on trouve le régiment aux siéges de Dinant, d'Huy et de Limbourg, et en 1676 à ceux de Condé, de Bouchain et d'Aire. Le 10 mai de cette année, aidé du régiment de Gréder, il emporte d'emblée tous les dehors de Bouchain. En 1677, il se distingue devant Valenciennes et Cambrai. Plusieurs régiments avaient échoué devant une demi-lune de Cambrai; les Fusiliers y sont envoyés à leur tour et enlèvent cette demi-lune en plein jour. La place capitule le 4 avril sous leurs drapeaux. Le 14, au siége de la citadelle, ils se jettent avec le régiment du Roi sur la demi-lune située à gauche du bastion d'attaque, et s'en emparent encore. Le capitaine de Cavoye fut tué ce jour-là.

Les exploits accomplis par le régiment au siége de Cambrai, lui valurent le droit de semer de fleurs de lis la croix blanche de ses drapeaux et une aug-

mentation de quatre bataillons, qui furent formés, en novembre 1677, avec 60 compagnies tirées des derniers bataillons des vieux corps. Ces quatre bataillons, prirent la gauche des premiers, et rang entr'eux d'après l'ancienneté des régiments d'où ils étaient venus.

Cet accroissement considérable d'un corps destiné à la garde de l'artillerie, prouve que l'on s'était bien trouvé à l'armée de Flandre du service des Fusiliers du roi, et que l'on désirait avoir assez de ces soldats d'élite, qui savaient au besoin mettre la main à l'œuvre, pour en fournir à toutes les armées.

En 1678, le régiment se signala à la prise de Gand et d'Ypres et fut vivement engagé à la bataille de Saint-Denis. Il y eut quatre officiers blessés. Une partie du corps, qui servait à l'armée du maréchal de Créqui, occupa Soëst pendant l'hiver de 1678 à 1679 et se trouva le 26 juin suivant à l'affaire de Minden.

A la paix, le 6e bataillon fut réformé; les cinq autres furent placés à Douai, où une ordonnance royale établit une école d'instruction, qui est par conséquent la plus ancienne des Écoles de l'artillerie. Les bataillons n'y restèrent que peu de temps (1) et furent envoyés à Lille, où le roi les passa en revue le 1er août 1680.

Pendant la guerre qui venait de se terminer par

(1) La première école d'artillerie établie à Douai le 1er mai 1679, a été supprimée le 1er novembre de la même année.

le traité de Nimègue, le régiment n'avait fait que le service ordinaire des troupes d'infanterie, avec la mission spéciale de veiller dans les marches et les campements à la sûreté de l'artillerie, ainsi que le faisaient précédemment les régiments suisses. Comme ces derniers, il avait pu accidentellement prêter aide aux canonniers, mais sans que cela dût tirer à conséquence. Il semble que Louis XIV n'ait voulu que laisser entrevoir sa pensée et faire la recherche de la manière dont elle serait acceptée.

Quelques mesures prises par le roi vont peu à peu rendre cette pensée plus sensible..

Le 26 novembre 1677, il élève au grade de maréchal de camp de ses armées, Pierre de Mormès de Saint-Hilaire, cet héroïque lieutenant-général d'artillerie, qui ne voulait pas que son fils déplorât la blessure que lui avait faite le boulet qui tua Turenne, et qui mourut lui-même le 21 janvier 1680, après d'horribles souffrances.

Le 26 décembre 1678, il nomme lieutenant-colonel du régiment des Fusiliers, à la place de M. de Cavoye, un ancien officier d'artillerie, M. de Barville, et cette charge, alors la plus importante de toutes dans les corps de troupes, sera à l'avenir toujours exercée par un officier de canonniers ou d'ouvriers.

En 1679, après la réforme du 6e bataillon, le roi licencie les canonniers appointés qui étaient répartis dans les places, et, « ayant remarqué combien il étoit difficile, dans les occasions pressantes, de trou-

ver parmi les troupes un nombre suffisant de soldats qui sussent parfaitement bien exécuter et servir le canon, » il revient à son plan de 1668, lève six compagnies de soldats canonniers, à qui l'on fait faire l'exercice du canon, et en fait accepter le commandement, comme un avancement et une faveur considérables, aux six plus anciens capitaines du régiment des Fusiliers. M. de Cavoye lui-même, qui quittait la charge de lieutenant-colonel, est amené à prendre une de ces compagnies. On crée en même temps deux compagnies de bombardiers et une compagnie de mineurs, qui sont données à MM. de Vigny, Camelin et Le Goulon, tous les trois officiers d'artillerie.

En 1683, le régiment des Fusiliers est appelé au camp de Bouquenom sur la Sarre, et l'année suivante, au siége de Luxembourg, il fournit des détachements qui exécutent le tir des pièces de batteries avec les compagnies de canonniers et de bombardiers. Le gros du régiment fait, comme auparavant, le service d'infanterie. Deux compagnies se distinguent, le 30 mai, à la prise de la coupure du vieux château de Münster, qui amène le lendemain la capitulation de Luxembourg. Le capitaine Darquet et le lieutenant Lagarde avaient été tués à ce siége. Parmi les blessés se trouvaient les capitaines Pascal, d'Alguière, Rabar et un lieutenant. Les Fusiliers furent mis en garnison à Metz, après la cessation des hostilités.

Trois mois après la conquête de Luxembourg, le

28 août 1684, Louis XIV crée, sous le titre de Royal-Bombardiers, un vrai régiment d'artillerie, composé avec les compagnies de bombardiers de Vigny et de Camelin et avec dix autres compagnies tirées des régiments de Piémont, Navarre, Champagne, La Marine et des Fusiliers du roi, qui en fournissent chacun deux. Le Grand maître de l'artillerie, duc d'Humières (1), déjà colonel-lieutenant des Fusiliers, est aussi établi colonel-lieutenant de Royal-Bombardiers, et il a pour lieutenant-colonel M. de Vigny. Ce nouveau corps est porté en 1686 à quinze compagnies.

Le 13 décembre 1686, le roi règle pour la première fois le rang que les officiers d'artillerie doivent tenir avec ceux des régiments des Fusiliers et des Bombardiers et des compagnies de canonniers. Les relations nécessaires que ces divers officiers devaient avoir entr'eux amenaient de nombreuses contestations que le Grand maître ne parvenait pas toujours à apaiser. L'ordonnance du 13 décembre prescrivit aux officiers de troupes d'obéir aux officiers d'artillerie commandant aux armées. Les lieutenants-colonels et les commissaires provinciaux de l'artillerie prirent rang entr'eux suivant l'ancienneté de leurs brevets; la même égalité fut établie entre les capi-

(1) Le duc d'Humières avait été nommé maréchal de camp le 4 septembre 1650, lieutenant-général le 18 octobre 1656 et maréchal de France le 8 juillet 1668.

taines et les commissaires ordinaires, les lieutenants et les commissaires extraordinaires, « de même que si lesdits commissaires d'artillerie étoient du corps desdits régiments, et les officiers desdits régiments et compagnies du corps de l'artillerie. » La pensée du roi commençait à se formuler très-nettement.

Tel était le point qu'avait atteint le corps de l'artillerie lorsqu'éclata la guerre de 1688. Les régiments des Fusiliers et des Bombardiers et les compagnies de canonniers servirent concurremment, pendant la première année de cette guerre, aux siéges de Philisbourg, de Manheim et de Franckenthal. Au commencement de la campagne suivante, qui allait nécessiter l'emploi de plusieurs armées, Louis XIV doubla le nombre des compagnies de canonniers qui fut ainsi porté à douze. Les hommes qui composèrent les six compagnies nouvelles, furent encore tirés des vieux régiments d'infanterie, et le régiment des Fusiliers en fournit les officiers. Ce dernier corps reçut en même temps une augmentation de deux compagnies de grenadiers qui furent placées aux 3e et 4e bataillons. Dans cette année 1689, le régiment des Fusiliers détacha deux bataillons à l'armée de Flandre et deux autres à l'armée du Rhin. Le 2e bataillon, avec le major M. de Maisoncelles, fut envoyé à l'armée d'Italie sous Cattinat. Les bataillons qui servaient en Flandre combattirent à Fleurus en 1690; le capitaine de Vaucocourt y fut blessé. Le capitaine

Saint-Brice trouva la mort, en 1691, au siége de Mons.

L'ordonnance royale du 26 avril 1691, qui ramenait tous les bataillons de l'infanterie à treize compagnies, apporta quelques modifications dans l'organisation du régiment des Fusiliers du roi. Avec les compagnies excédantes des cinq bataillons existants et quelques compagnies empruntées à l'infanterie, on forma un nouveau bataillon qui prit le 3e rang, parce que M. de Bouvincourt, choisi pour le commander, se trouva par son ancienneté le troisième capitaine du régiment. La composition du corps se trouva alors ainsi réglée. Les quatre premiers bataillons eurent chacun une compagnie d'ouvriers, une de grenadiers et onze de fusiliers; le 5e, une de grenadiers et douze de fusiliers; le 6e treize de fusiliers; en tout 78 compagnies, dont quatre compagnies anciennes de 110 ouvriers, cinq de grenadiers à 45 hommes et soixante-neuf de fusiliers à 55 hommes. La totalité des troupes entretenues à cette époque pour le service de l'artillerie, s'élevait à environ 6,500 hommes.

Quatre bataillons de Fusiliers servaient, en 1692, à l'armée de Flandre : ils se firent fort remarquer au siége de Namur, et nous devons ici restituer au régiment l'honneur d'un acte de courage stoïque que l'on a attribué à tort, tantôt à un Garde Française, tantôt à un soldat de Royal-Vaisseaux. Voici un fragment d'une lettre écrite par Racine à Boileau, du camp devant Namur, le 3 juin 1692, qui lève toute incertitude.

«... On raconte plusieurs actions particulières que je vous redirai quelque jour, et que vous entendrez avec plaisir; mais, en voici une que je ne puis différer de vous dire et que j'ai ouï conter du roi même: Un soldat du régiment des Fusiliers, qui travailloit à la tranchée, y avoit apporté un gabion; un coup de canon vint qui emporta son gabion; aussitôt il en alla poser à la même place un autre, qui fut sur-le-champ emporté par un autre coup de canon. Le soldat, sans rien dire, en prit un troisième, et l'alla poser; un troisième coup de canon emporta ce troisième gabion. Alors le soldat rebuté se tint en repos; mais, son officier lui commanda de ne point laisser cet endroit sans gabion. Le soldat dit : « J'irai, « mais j'y serai tué » .Il y alla, et, en posant son quatrième gabion, eut le bras fracassé d'un coup de canon. Il revient, soutenant son bras pendant avec l'autre bras, et se contenta de dire à son officier : « Je l'avois bien dit ». Il fallut lui couper le bras, qui ne tenoit presqu'à rien. Il souffrit cela sans desserrer les dents, et après l'opération, dit froidement: « Je suis donc hors d'état de travailler; c'est maintenant au roi à me nourrir. » Je crois que vous me pardonnerez le peu d'ordre de cette narration, mais assurez-vous qu'elle est fort vraie. »

En 1693, le roi fait un nouveau pas vers la réalisation de son plan, et rend l'ordonnance du 15 avril, que nous transcrivons presqu'en entier, à cause de son importance, et parce qu'elle fait toucher du

doigt les difficultés que Louis XIV avait rencontrées dans sa marche et qui avaient imposé à ce prince si puissant vingt-cinq années de patience et de précautions.

« De par le roy : Sa Majesté, ayant été informée, qu'encore que son régiment de Fusiliers ait été mis sur pied pour servir l'artillerie dans ses armées, les officiers qui l'ont commandé, ont prétendu s'en pouvoir dispenser pour marcher et camper avec les autres troupes desdites armées; et voulant qu'il soit uniquement employé pour le service auquel Elle l'a destiné, et le régler de manière qu'il ne s'y rencontre point de difficulté, Sa Majesté a ordonné et ordonne que ledit régiment des Fusiliers sera dorénavant appelé le Régiment-Royal de l'Artillerie, que les bataillons dudit régiment marcheront et camperont toujours avec l'artillerie de l'armée où ils serviront, *qu'ils n'y seront jamais mis en ligne*, et que le commandant et tous les autres officiers du régiment obéiront à celui qui sera préposé pour commander l'artillerie, *quelque charge qu'il puisse avoir dans l'artillerie*. Voulant Sa Majesté, pour les attacher davantage à ce service, que le lieutenant-colonel dudit régiment soit lieutenant de l'artillerie, les six premiers capitaines commissaires provinciaux, le major et les autres capitaines commissaires ordinaires, et les aydes-majors, lieutenants, sous-lieutenants et enseignes commissaires extraordinaires; desquelles charges le Grand maître de l'artillerie leur fera délivrer les provisions

pour ès dites qualités prendre rang avec les autres officiers de l'artillerie, du jour que chacun d'eux a été pourvu par Sa Majesté de la charge qu'il a dans le régiment, dont il sera fait mention dans lesdites provisions et qu'à l'avenir ils auront part aux profits des batteries dans les siéges où ils se trouveront, etc... »

Cette ordonnance, si explicite et si claire, ne suffit point, pourrait-on le croire, quand on se reporte au temps où elle fut promulguée et au monarque qui l'avait signée, pour mettre fin aux embarras suscités par les préjugés d'une noblesse qui continuait à ne vouloir point envisager la guerre par son côté sérieux? Les gentilshommes, qui avaient assez de fortune pour pouvoir acheter des régiments et arriver ainsi aux grades élevés, ne se souciaient point de passer par le grave et laborieux métier de l'artilleur. Les autres voulaient de la gloire pour prix de leur courage, et répugnaient à un service qui demandait un travail et un dévouement de tous les instants, mais qui n'offrait, surtout alors, que bien rarement l'occasion de ces coups de main heureux, de ces actions individuelles, qui font paraître un homme, souvent plus qu'il ne vaut, et que fournissaient fréquemment les services de la cavalerie et de l'infanterie.

Les trois bataillons de Royal-Artillerie, attachés en 1693 à l'armée de Flandre, servirent, comme le voulait le roi, les 70 pièces de canon que le maréchal de Luxembourg amena sur le champ de bataille de

Neerwinden ; ils exécutèrent aussi le tir cette année au siége de Charleroi, et en 1695 au bombardement de Bruxelles, concurremment avec les compagnies de canonniers et de bombardiers, mais avec peu de bonne volonté et en soulevant à chaque instant des difficultés. Il en fut de même à l'armée du Rhin qui avait deux bataillons et sur les Alpes où se trouvait toujours le 2ᵉ. Cette conduite, si opposée à ses désirs et à ses vues, força Louis XIV à frapper un dernier coup. Il avait, à la fin de 1694, remplacé dans la charge de Grand maître le vieux maréchal d'Humières par le duc du Maine, son fils de prédilection ; à la fin de la campagne suivante, après le bombardement de Bruxelles, le 25 novembre 1695, il rend une nouvelle ordonnance, portant ampliation des précédentes. où il fait connaître que son intention est : « Que les bataillons dont est composé le régiment marchent et campent toujours avec l'artillerie dans les armées où ils serviront ; qu'ils n'y soient jamais mis en ligne, ni n'y montent aucune garde de tranchée, sous quelque prétexte que ce puisse être, et ne fassent aucun service avec le reste de l'infanterie, si ce n'est dans les places où ils se trouveront en garnison. Que le lieutenant-colonel, les commandans de bataillons et les autres officiers dudit régiment *obéissent à celuy qui commandera l'artillerie*, et qu'il luy soit permis *de se mettre à la tête dudit régiment* et de chacun desdits bataillons, *toutes les fois qu'il le jugera à propos*, soit dans les marches et dans les détachemens,

soit aux reveües, ou ailleurs, où ledit régiment et lesdits bataillons se trouveront. Et comme Sa Majesté désire que le service de toutes les compagnies dudit régiment se rapporte à celuy de l'artillerie, et prévenir les difficultez qui pourroient naistre là-dessus de la part des capitaines des compagnies de grenadiers, elle a supprimé et supprime ledit titre de capitaines de compagnies de grenadiers, et leur a donné et donne celuy de capitaines de compagnies de canoniers pour estre à l'avenir sur le mesme pied que les douze anciennes compagnies de canoniers dudit régiment, faire les mesmes fonctions, et recevoir la mesme paye, tant pour les officiers que pour les soldats. Ordonne Sa Majesté, que lesdites douze anciennes compagnies de canoniers, qui ont jusques à présent fait un service séparé dudit régiment, seront incorporées dans les six bataillons qui le composent, dans chacun desquels deux desdites compagnies serviront à l'avenir, moyennant quoy, il s'y trouvera trois compagnies de canoniers, y compris celle qui estoit de grenadiers, à la réserve du bataillon de Frades, dans lequel il n'y a point de compagnie de grenadiers, et où par conséquent il n'y aura que deux compagnies de canoniers. A l'égard des quatre compagnies d'ouvriers dudit régiment Royal-Artillerie, elles demeureront sur le mesme pied qu'elles sont à présent. Mais parceque Sa Majesté est informée que les capitaines y reçoivent indifféremment des soldats qui ne sçavent aucun métier et dont les équipages d'artillerie ne

tirent aucun secours qui ait rapport à leur institution. Elle défend auxdits capitaines sur peine d'estre cassez, d'y engager à l'avenir aucun soldat qui ne sçache un des métiers de forgeur, serrurier, charron, menuisier, charpentier, mareschal, taillandier, chaudronnier, maçon, tourneur ou sellier; et elle enjoint aux commandans, major et aydes majors desdits bataillons d'y tenir la main, sur peine d'interdiction de leurs charges; deffendant aux commissaires des guerres qui feront les reveües desdites compagnies, d'y passer de soldats qui ne soient ouvriers, quand bien ils seroient de la taille et qualité requise par les ordonnances. Ordonne aussi Sa Majesté aux commandans, capitaines et autres officiers desdits bataillons, de se conformer dans les garnisons où ils se trouveront, à ce qui leur sera ordonné par le Grand maistre de l'artillerie, ou par le lieutenant-colonel dudit régiment Royal-Artillerie, sur tout ce qui concernera les exercices et détails de l'artillerie, de manière qu'ils y puissent estre parfaitement instruits. Quant au rang que les officiers d'artillerie doivent avoir avec ceux dudit régiment Royal-Artillerie, Sa Majesté l'ayant réglé par sesdites ordonnances, elle veut et entend qu'ils s'y conforment; et comme il est nécessaire que les troupes qui serviront aux escortes de l'artillerie sçachent des officiers qui les commandent ce qu'elles auront à faire, Sa Majesté veut et entend qu'à l'avenir, les colonels, mestres de camp, lieutenants-colonels, capitaines et autres of-

ficiers de ses troupes d'infanterie, de cavalerie et de dragons qui seront commandées et détachées pour escorter l'artillerie, reconnoissent et fassent tout ce qui leur sera ordonné par l'officier de la dite artillerie qui la commandera, telle charge qu'il y puisse avoir, sans y apporter aucune difficulté, *sur peine de désobéissance.* »

Les 85 compagnies, dont le régiment se trouva alors composé, se divisaient en quatre compagnies d'ouvriers datant de la création du corps, dix-sept compagnies de canonniers et soixante-quatre compagnies simples, dont les hommes continuèrent de s'appeler fusiliers. Ces groupes de compagnies, qui avaient la préséance les uns sur les autres dans l'ordre où nous venons de les placer, étaient partagés de la manière suivante entre les six bataillons : le 1er bataillon avait une compagnie d'ouvriers, trois compagnies de canonniers et neuf compagnies simples ; les 2e, 3e et 4e bataillons étaient uniformément composés d'une compagnie d'ouvriers, trois compagnies de canonniers et dix compagnies simples ; le 5e comptait trois compagnies de canonniers et douze compagnies simples ; le 6e n'avait que deux compagnies de canonniers, mais le nombre de ses compagnies simples s'élevait à treize. Les compagnies d'ouvriers étaient à 110 hommes, les autres à 55, ce qui donnait pour la totalité du régiment 4,950 hommes, non compris les officiers. Le corps de l'artillerie comprenait, en outre, à cette époque, le régiment Royal-Bombar-

diers de quinze compagnies de 55 hommes et deux compagnies de mineurs aussi à 55 hommes.

La solde des troupes de l'artillerie fut réglée d'après les mêmes principes anti-chevaleresques, de manière à faire désirer de monter des compagnies de fusiliers à celle de canonniers et des canonniers aux ouvriers (1).

(1) Voici le tableau de la solde fixe journalière de Royal-Artillerie, en temps de paix, telle qu'elle fut réglée par Louis XIV.

	OUVRIERS.			CANONNIERS.			FUSILIERS.		
	liv.	s.	d.	liv.	s.	d.	liv.	s.	d.
Capitaine......	3	»	»	3	»	»	2	15	»
Lieutenant	2	»	»	1	10	»	1	»	»
Sous-lieutenant.	1	10	»	1	»	»	»	13	4
Sergent	1	»	»	»	16	»	»	10	»
Caporal	»	15	»	»	11	»	»	7	»
Anspessade	»	11	6	»	9	7	»	6	»
Soldat	»	10	»	»	8	»	»	5	»

Dans les compagnies d'ouvriers, quand l'effectif réel atteignait 95 hommes, le capitaine avait 6 hommes de gratification, soit 3 livres par jour; quand l'effectif était de 100 hommes, il avait 8 hommes, ou 4 livres ; enfin quand elle était complète à 110 hommes, il en touchait 10, ou 5 livres. Des avantages proportionnels étaient faits aux capitaines de canonniers et de fusiliers.

vrit de gloire aux siéges de Landau et de Fribourg.

Le 2e bataillon commença la guerre sur le Rhin. Il fit en 1703 les siéges de Brisach et de Landau, quitta l'Alsace le 25 septembre 1705 pour se rendre en Piémont, et joignit devant Asti l'armée du maréchal de La Feuillade. Rentré en France après la bataille de Turin, il servit les années suivantes en Provence, en Roussillon et en Catalogne, et fit en 1714 le siége de Barcelone.

Le 3e bataillon, qui avait débuté en Italie, repassa les Alpes en 1706, après la déroute de Turin, et resta jusqu'à la fin de la guerre attaché à l'armée de Dauphiné.

Le 4e bataillon combattit sur le Rhin et en Allemage avec Villars et Marchin. Après le désastre d'Hochstedt, il fut placé dans les lignes de Lauterbourg, qu'il quitta en juin 1705 pour venir en Flandre. Il se distingua aux défenses de Lille et de Douai, et retourna en 1713 sur le Rhin.

Le 5e bataillon, rétabli le 23 juin 1706, resta constamment attaché à l'armée d'Allemagne. Ce bataillon fut de nouveau réformé à la paix.

Pendant cette période, le corps de l'artillerie avait reçu des modifications et des augmentations. Voici quel était l'état du corps au moment de la mort de Louis XIV.

Un édit du mois d'août 1703, enregistré le 3 décembre au parlement de Paris, avait supprimé tous les anciens offices créés depuis le commencement

du XVI[e] siècle et en avait institué de nouveaux, au moyen desquels la partie combattante des officiers sans troupes de l'artillerie se trouvait composée, en temps de paix : du Grand maître de l'artillerie ; d'un premier lieutenant-général ayant pour département l'Alsace ; de deux directeurs généraux résidant à l'Arsenal de Paris et chargés chacun de l'administration de la moitié des provinces ; de sept lieutenants-généraux placés à la tête des départements de l'Isle-de-France, de la Moselle, des Flandres, des côtes septentrionales, des côtes occidentales, de Languedoc et de Dauphiné ; de vingt-cinq lieutenants provinciaux subordonnés aux lieutenants-généraux et répartis dans les départements ; de trente commissaires provinciaux distribués dans les places les plus importantes, et dont cinq, qui portaient le titre de commissaires des ponts et travaux et qui résidaient à Strasbourg, Metz, Lille, Bayonne et Grenoble, avaient pour service spécial la construction des ponts, les passages des fleuves et rivières et la réparation des chemins ; de 150 commissaires ordinaires ; d'un capitaine conducteur général de l'artillerie, et de douze capitaines conducteurs.

Un autre édit du mois de mai 1704, enregistré le 8 juin au parlement, avait créé un huitième office de lieutenant-général pour le département de Bretagne, et cinquante charges nouvelles de commissaires ordinaires. Toutes les charges de l'artillerie avaient en même temps été déclarées héréditaires.

Enfin un dernier édit du mois d'octobre 1704, enregistré au Parlement le 9 décembre, institua un neuvième lieutenant-général pour le département de Picardie.

En résumé, ce que l'on a appelé depuis l'état-major particulier de l'artillerie se composait en 1715 du Grand maître, du premier lieutenant-général, de deux directeurs généraux, de neuf lieutenants-généraux, de vingt-cinq lieutenants provinciaux, de trente commissaires provinciaux, de deux cents commissaires ordinaires, d'un capitaine conducteur général de l'artillerie et de douze capitaines conducteu Plusieurs de ces officiers avaient des brevets de lieutenants-généraux, maréchaux de camp et brigadiers des armées du roi.

Le régiment Royal-Artillerie comptait quatre bataillons, uniformément composés d'une compagnie d'ouvriers, toujours commandée par le premier capitaine du bataillon, de trois compagnies de canonniers et de quatre compagnies simples. Il y avait, en outre, quatre compagnies de canonniers séparées du régiment. Une 5e compagnie, levée en juin 1705 en Espagne, et qui correspondait au 5e bataillon, avait été licenciée à la paix.

Chaque compagnie d'ouvriers était composée d'un capitaine, deux lieutenants, deux sous-lieutenants, quatre sergents, quatre caporaux, sept anspessades, soixante-treize ouvriers et deux tambours. Les compagnies de canonniers et les compagnies simples

comprenaient chacune un capitaine, un lieutenant, un sous-lieutenant, deux sergents, trois caporaux, trois anspessades, trente-six canonniers ou fusiliers et un tambour.

Royal-Bombardiers comptait, depuis le mois de février 1706, deux bataillons, chacun de treize compagnies de 50 hommes.

Le nombre des compagnies de mineurs s'élevait à quatre. A la compagnie Le Goulon, levée en 1679 et qui appartenait depuis 1699 à M. de Vallière, était venue s'ajouter, en 1695, la compagnie Esprit, devenue Francard; puis la compagnie de Mesgrigny, levée dès 1673 comme compagnie franche, mais admise seulement en novembre 1705 dans les rangs de l'artillerie; enfin une compagnie formée en mai 1706 pour le siége de Turin, et devenue en 1712 la propriété de M. de Lorme. L'effectif de ces compagnies variait de 60 à 120 hommes.

A la suite de ces troupes, marchait une compagnie de 200 canonniers, levée, le 1er juin 1702, par M. Ferrand d'Escossay pour la défense des côtes de l'Océan.

Une ordonnance royale, longtemps méditée par le conseil supérieur de la guerre, et publiée par le régent le 5 février 1720, réunit toutes ces troupes en un seul corps, qui garda le nom de Régiment royal de l'artillerie.

En conséquence de cette ordonnance, les quatre bataillons de Royal-Artillerie, les deux de Royal-

Bombardiers, les quatre compagnies séparées de canonniers de Warvillé, Thibaut, Laix et Courcelles, les quatre compagnies de mineurs de Vallière, Dabin, de Lorme et Voislin, la compagnie de canonniers des côtes de l'Océan, commandée par le capitaine La Roche-Aymon, et trois ouvriers fournis par chacun des bataillons de l'infanterie, furent réunis à Vienne en Dauphiné vers le milieu du mois de février 1720. Le lieutenant-général marquis de Broglie arriva le 24. Le lendemain, après la revue des troupes, il réunit les chefs de corps et leur annonça que l'intention du roi était de former cinq bataillons de huit compagnies de 100 hommes chacune; que chaque bataillon aurait un état-major composé d'un lieutenant-colonel commandant, d'un major, d'un aide-major, d'un aumônier et d'un chirurgien-major; que l'ensemble de ces cinq bataillons continuerait de former le régiment Royal de l'artillerie, dont le commandement supérieur serait donné à un maréchal de camp inspecteur, et qu'il continuerait de garder son rang dans l'infanterie et ses drapeaux. M. de Vallière fut à l'instant déclaré inspecteur, et MM. Pijart, de Certemont, de Thorigny, de Proisy et de Romilley furent nommés lieutenants-colonels des cinq bataillons. Tous les autres officiers furent en même temps classés suivant leur rang d'ancienneté, en plaçant le plus ancien capitaine au 1er bataillon, le deuxième au 2e bataillon et ainsi de suite. Le même jour, on mit toutes les

troupes en bataille, et l'on en composa quarante lots aussi égaux que possible, qui furent tirés au sort par les quarante capitaines (1).

Chaque compagnie fut composée d'un capitaine en premier, un capitaine en second, deux lieutenants, deux sous-lieutenants, quatre sergents, qua-

---

(1) Voici quelle fut la composition des cinq bataillons :

1er BATAILLON.

Lieutenant-colonel : Pijart

Capitaines : Marange, Marans, Beauvoir, Gassaud, Descoutures, Richecourt, Marans.

Major : Bréande.

2e BATAILLON.

Lieutenant-colonel : Certemont.

Capitaines : Courcelles, Valanceau, Basigny, Truchet, Lambert, Signac, du Contant.

Major : Parfait.

3e BATAILLON.

Lieutenant-colonel : Thorigny.

Capitaines : Villas, Marsay, Clinchamps, Miègemont, Chaumance. Gaudechart, Voislin.

Major : Dartigues.

4e BATAILLON.

Lieutenant-colonel : Proisy.

Capitaines : Raganne, Hélyot, Haute-maison, Thieulin, Dostalis, Lucas, Fontanges.

Major : La Borie.

5e BATAILLON.

Lieutenant-colonel : Romilley.

Capitaines : Torpane, Vareix, La Bachellerie, Pumbecque, Fontenay Figeac, Falquet.

Major : La Pérelle.

tre caporaux, quatre anspessades, deux cadets, deux tambours et quatre-vingt-quatre soldats. La compagnie se subdivisait en trois escouades. La première, qui était double, renfermait des canonniers et des bombardiers; la deuxième était formée de mineurs et de sapeurs, et la troisième d'ouvriers en bois et en fer. Il n'y eut plus de fusiliers; le corps ne compta plus dans ses rangs que des hommes spéciaux, des artilleurs.

Les bataillons durent être indépendants l'un de l'autre, tout en restant réunis sous le nom collectif de Royal-Artillerie, et, comme marque de cette indépendance, chaque bataillon eut son drapeau blanc. Les drapeaux d'ordonnance furent partagés entre eux.

Ces cinq bataillons, qui roulèrent pour la préséance suivant le rang d'ancienneté de leurs lieutenants-colonels, sont devenus par la suite les cinq premiers régiments d'artillerie. Avant d'entrer dans l'histoire particulière de ces régiments, il est nécessaire de continuer l'exposition des modifications et des développements de l'organisation générale du corps jusqu'à la révolution.

Un édit du 22 mai 1722 décide que le lieutenant-colonel de chaque bataillon de Royal-Artillerie aura le rang de lieutenant du Grand maître; les deux premiers capitaines, celui de commissaires provinciaux; les autres capitaines, celui de commissaires ordinaires; les lieutenants, celui de commissaires

extraordinaires. Cette assimilation avait pour objet de faire disparaître toutes causes de contestation entre les officiers de l'état-major et ceux des bataillons, les uns et les autres devant se régler d'après la date de leurs brevets.

Ce fut aussi cette année que toute l'artillerie prit définitivement l'habit bleu à distinctions rouges. Cet uniforme fut imité de celui de la compagnie des canonniers des côtes de l'Océan, qui avait produit un grand effet, et consista en un justaucorps bleu doublé d'écarlate, avec les parements, la veste, la culotte et les bas également de couleur écarlate. Les boutons étaient de métal doré. Les officiers portaient, en outre, des boutonnières d'or, et les bas-officiers les avaient en laine aurore. On prit aussi aux canonniers des côtes de l'Océan le fusil à garniture de cuivre.

Le 25 juillet 1729, les ouvriers et les mineurs sont retirés des bataillons de Royal-Artillerie. On forme cinq compagnies d'ouvriers de 40 hommes et cinq compagnies de mineurs de 50 hommes (1). Les ouvriers prennent le justaucorps gris de fer, doublé de bleu avec les manches en amadis, la veste gris de fer, et le mousqueton muni d'une longue et large

(1) Les compagnies d'ouvriers furent données à M.M. Le Cerf, Chevreau, Loustaud, Guille et du Brocard; les compagnies de mineurs eurent pour capitaines MM. de Lorme, Voislin, Larieux, Antoniazzi et La Fosse.

baïonnette. Les mineurs reçoivent un justaucorps bleu doublé de rouge et une veste gris de fer, et sont armés d'un fusil, d'un pistolet de ceinture et d'un sabre recourbé.

Les bataillons de Royal-Artillerie restent composés de huit compagnies de 70 hommes; mais les professions ne sont plus mêlées dans chaque compagnie; il y a cinq compagnies de canonniers, une de sapeurs et deux de bombardiers.

En 1737, la composition de ces compagnies est ainsi réglée : deux capitaines, deux lieutenants, deux sous-lieutenants ayant rang d'officiers pointeurs, deux cadets, quatre sergents, quatre caporaux, quatre anspessades, dix-huit canonniers, sapeurs ou bombardiers, deux tambours, neuf apprentis et vingt-sept fusiliers. Chaque bataillon doit avoir trois drapeaux, un drapeau blanc et deux d'ordonnance.

Les compagnies sont portées à 100 hommes le 30 septembre 1743, et, le 5 juillet 1747, chaque bataillon est augmenté d'une compagnie de bombardiers et d'une compagnie de canonniers.

L'ordonnance du 8 décembre 1755 qui supprime la charge de Grand maître de l'artillerie (1), qui place le corps sous l'autorité immédiate du roi et

---

(1) Le comte d'Eu, dernier Grand maître, exerçait en survivance de son père le duc du Maine, depuis le 12 mai 1710. Il était devenu Grand maître en titre le 19 mai 1736.

qui réunit les ingénieurs, sur leur demande, au corps de l'artillerie, n'apporta aucune modification à l'organisation des troupes. Les officiers militaires de l'état-major de l'artillerie cessent de s'appeler commissaires et prennent les dénominations des grades qu'ils possèdent dans l'armée. Les ingénieurs, qui de tout temps avaient compté dans l'infanterie comme officiers de compagnie ou comme officiers réformés à la suite des régiments, qui, depuis une vingtaine d'années, étaient assimilés aux officiers de l'état-major de l'artillerie, jouissant des mêmes privilèges et portant le même uniforme qu'eux, n'avaient point de soldats et désiraient en avoir; ils espéraient, en entrant dans le corps de l'artillerie, se faire donner les compagnies de sapeurs et de mineurs, et obtenir ultérieurement la séparation de ces compagnies. Ce projet n'eut point pour le moment tout le succès qu'on avait désiré. L'ordonnance du 1er décembre 1755 avait bien accordé aux ingénieurs la faculté de devenir officiers de compagnies; mais celle du 5 mai 1758, pour couper court à des prétentions qui commençaient à se manifester très-clairement, sépara les deux corps, et les ingénieurs retournèrent dans les places. Nous citerons de cette ordonnance de séparation le préambule et les articles III et IV, qui renferment tout ce qu'il y a d'intéressant, et qui nous paraissent exprimer très-bien l'effet produit par une expérience de deux ans.

Voici ce préambule et ces articles : « Sa Majesté s'étant fait représenter l'état des ingénieurs destinés à faire dans les places le service de la fortification, et ayant remarqué que le nombre n'est pas suffisant pour remplir convenablement une partie aussi essentielle de son service, Elle a, en conséquence, ordonné et ordonne ce qui suit : Art. III. Les ingénieurs qui ont été incorporés dans les bataillons du corps royal, en vertu de l'ordonnance du 1er décembre 1755, quitteront les charges et emplois qu'ils remplissoient dans les bataillons, et se rendront dans les résidences qui leur sont assignées. — Art. IV. Les ingénieurs ne feront dans les places et dans les armées que le service d'ingénieur; ils ne s'occuperont plus à l'avenir des détails de l'artillerie. »

Les ingénieurs gagnèrent cependant quelque chose en quittant l'artillerie. Ils obtinrent les parements de velours noir, qui les distinguèrent des artilleurs, et, ce qui était beaucoup plus important, ils furent constitués à part et formèrent un nouveau corps spécial, qui, grâce à l'admirable entente de ses officiers, à l'esprit persévérant de ses chefs, à une certaine manière très-habile de faire valoir les ressources de sa science, prendra peu à peu, mais surtout pendant la période révolutionnaire, sous l'influence toute-puissante de Carnot, un développement considérable, hors de proportion peut-être avec les occasions de plus en plus rares que la stratégie moderne pourra lui fournir.

La guerre de Sept Ans, soutenue principalement contre l'armée prussienne, alors arrivée à son plus haut point de splendeur, et qui possédait une artillerie admirablement organisée et servie, fut la cause de plusieurs augmentations considérables du corps royal.

Le 1er janvier 1757, on créa un 6e bataillon, qui fut formé au moyen de 120 hommes fournis par chacun des cinq premiers. On organisa en même temps une 6e compagnie d'ouvriers et une 6e compagnie de mineurs, qui correspondaient au 6e bataillon. Les bataillons comptaient à cette époque seize compagnies de 50 hommes.

Le 1er janvier 1759, les six bataillons de Royal-Artillerie prennent le nom de brigades. Chaque brigade est composée d'un état major, comprenant un chef de brigade ayant le grade de brigadier des armées du roi, un colonel, un lieutenant-colonel, un major, un aide-major, un sous-aide-major et un garçon-major, et de huit compagnies de 100 hommes, dont cinq de canonniers, une de sapeurs et deux de bombardiers. Chaque compagnie est commandée par deux capitaines et quatre lieutenants ou sous-lieutenants (1).

---

(1) Le tableau ci-dessous donne les noms des chefs de ces brigades au moment de leur organisation.

PREMIÈRE BRIGADE.

Chef de brigade : de Mouy, — *Colonel* : de Saint-Aubau, — *Lieu-*

Le 10 décembre de la même année, les compagnies de sapeurs sont retirées des brigades, et données, avec les mineurs, au corps du génie. Cette mesure n'est point sanctionnée par l'expérience ; les sapeurs et les mineurs sont rendus au bout d'un an à l'artillerie. Les compagnies d'ouvriers avaient été incorporées dans les bataillons pour y remplacer les compagnies de sapeurs : les sapeurs ayant repris leurs places et les mineurs ayant été partagés entre les brigades, celles-ci se trouvent alors sur le pied de dix compagnies.

En 1761, le service du canon à bord des vaisseaux est donné aux officiers de la marine royale, et les débris de l'ancien corps de l'artillerie de ma-

---

tenant-colonel : de Clinchamp.

DEUXIÈME BRIGADE.

Chef de brigade : d'Invilliers, — *Colonel :* de Gréaume, — *Lieutenant-colonel :* de Russy.

TROISIÈME BRIGADE.

Chef de brigade : de Chabrié, -- *Colonel :* de Cosne, — *Lieutenant colonel :* Le Duchat.

QUATRIÈME BRIGADE.

Chef de brigade : de La Pelleterie, — *Colonel :* de Bréande, — *Lieutenant-colonel :* de Verton.

CINQUIÈME BRIGADE.

Chef de brigade : de Beausire, — *Colonel :* de Villiers, — *Lieutenant-colonel :* Vidal.

SIXIÈME BRIGADE.

Chef de brigade : de Loyauté, — *Colonel :* de Thiboutot, *Lieutenant-colonel :* Languimbert.

rine sont réunis, par ordonnance du 5 novembre, à l'artillerie de terre. L'on en forme trois nouvelles brigades, spécialement chargées de la défense des côtes. Ces trois brigades, qui comptaient sept compagnies de canonniers et une de bombardiers, furent, en conséquence, attachées aux ports de Brest, de Rochefort et de Toulon. La brigade de La Brosse, qui était à Rochefort, fut réformée le 5 mars 1764; celle de Morogues et celle de Missiessy, devenue Saint-Julien, continuèrent de compter dans le corps royal jusqu'au 25 mars 1765; elles rentrèrent alors sous l'autorité du ministre de la marine.

Au mois de décembre 1761, chacune des six brigades ordinaires de Royal-Artillerie avait été augmentée de deux compagnies de canonniers, ce qui les portait à douze compagnies.

Le 8 décembre 1762, une nouvelle brigade avait été formée sous le titre de brigade des Colonies. Cette formation correspondait à la mesure qui attachait vingt-trois régiments d'infanterie au service des possessions d'outre-mer.

Cette brigade quitta bientôt son titre, devenu presque une dérision, et prit rang à la suite des six autres. Elle fut en même temps portée, de huit, à douze compagnies, comme les brigades anciennes, par l'adjonction d'une compagnie de bombardiers, une de sapeurs, une de mineurs et une d'ouvriers créées à cet effet.

Le 1er juillet 1763, les sept compagnies de mineurs

sont retirées des brigades et sont réunies à Verdun, où une école est établie pour leur instruction spéciale, sous la direction de Gribeauval, nommé inspecteur général et commandant du corps des mineurs.

En 1765, par une ordonnance datée du 13 août, les sept brigades de Royal-Artillerie furent converties en autant de régiments, chacun composé de vingt compagnies formant, suivant les circonstances, deux bataillons de dix compagnies ou cinq brigades de quatre compagnies.

L'état-major de chaque régiment comprit un colonel, un lieutenant-colonel, un major, cinq chefs de brigade, un aide-major, deux sous-aides-majors, un quartier-maître, un trésorier, un chirurgien-major, un aumônier et un tambour-major. Les compagnies eurent un cadre composé d'un capitaine, deux lieutenants en premier, un lieutenant en second et un garçon-major. Elles étaient partagées en quatorze compagnies de canonniers, quatre de bombardiers et deux de sapeurs. Les sept compagnies d'ouvriers furent placées à la suite des régiments, mais ne comptèrent point dans les bataillons.

Ces régiments, dont l'ensemble devait toujours s'appeler le régiment Royal-de-l'Artillerie, prirent les noms des écoles de La Fère, Metz, Strasbourg, Grenoble, Besançon, Auxonne et Toul, où ils étaient alors en garnison, et durent suivre l'ancienneté de leurs colonels. Chacun d'eux eut ses drapeaux d'or-

donnance particuliers et un drapeau-colonel pareil à celui qu'avait eu le régiment des Fusiliers du roi.

Le costume des artilleurs était à cette époque ainsi composé :

Les régiments avaient l'habit bleu, avec le collet, les parements, la veste, la culotte et la doublure rouges. Il y avait un bordé rouge assez large sur le devant de l'habit et sur les poches. Les boutons étaient jaunes et disposés de la manière suivante : un rang de boutons également espacés sur le devant de l'habit; deux rangs, disposés de deux en deux, sur le devant de la veste ; six boutons sur les poches, trois sur le parement et trois sur chaque poche de la veste. Cette tenue était complétée par de très-petites épaulettes de laine jaune, un chapeau de feutre bordé d'or et une cocarde noire (1).

Les ouvriers différaient des canonniers par un habit gris de fer à revers rouge et des boutonnières jaunes à la veste. Ils ne portaient pas d'épaulettes.

Les mineurs portaient le même uniforme que les canonniers, à cela près qu'ils avaient la veste et la culotte gris de fer.

Ces troupes reçurent en 1772 le sabre droit à deux tranchants.

L'ordonnance du 23 août 1772 fit rentrer les

---

(1) Ce costume fut modifié, en 1774, par l'adoption des épaulettes, de la veste et de la culotte bleues. Au moment de la révolution, la tenue de l'artillerie consistait en habit, revers, collet, veste, culotte et contre-épaulettes de drap bleu ; parements, doublure et passepoil écarlate ; boutons jaunes. Les mineurs avaient l'épaulette aurore.

compagnies de mineurs dans les régiments d'artillerie qui se trouvèrent alors composés de quatorze compagnies de canonniers, quatre de bombardiers, deux de sapeurs, une de mineurs et une d'ouvriers, se formant en deux bataillons de dix compagnies ou en quatre brigades de cinq compagnies, les ouvriers et les mineurs restant en dehors. La plupart des prescriptions de cette ordonnance, qui faisait subir au corps des suppressions et des modifications très-graves, furent rapportées par l'ordonnance du 3 octobre 1774, qui remit Royal-Artillerie sur le pied de 1765. Les sept régiments furent formés à vingt compagnies, canonniers, bombardiers et sapeurs; les sept compagnies de mineurs et les compagnies d'ouvriers portées à neuf en demeurèrent séparées.

Par une nouvelle ordonnance du 3 novembre 1776, la composition des troupes de l'artillerie se trouva réglée à six compagnies de mineurs, neuf d'ouvriers et sept régiments de 20 compagnies réparties en cinq brigades. Deux de ces brigades étaient formées de quatre compagnies de canonniers; deux autres comprenaient trois compagnies de canonniers et une de sapeurs, la cinquième renfermait quatre compagnies de bombardiers. Toutes ces compagnies étaient à 71 hommes commandés par un capitaine, un lieutenant en premier, un lieutenant en second et un lieutenant en troisième.

Le règlement du 1er mars 1778, concernant les troupes provinciales, attacha au corps de l'artillerie les régiments provinciaux de Châlons, Verdun,

Colmar, Valence, Dijon, Autun et Vesoul (1). Ces corps, composés de deux bataillons de 710 hommes chacun, prirent les noms de régiments provinciaux d'artillerie de La Fère, Metz, Strasbourg, Grenoble, Besançon, Auxonne et Toul, furent placés à la tête de toutes les troupes provinciales et doublèrent les régiments royaux d'artillerie, avec la destination spéciale de servir les bouches à feu de campagne.

Cette mesure conduit à quelques observations qu'il est utile de consigner ici.

Le nombre des régiments d'artillerie est doublé tout à coup au moment où la France entre dans la querelle des États-Unis d'Amérique contre l'Angleterre, et quand cette intervention pouvait faire craindre une guerre continentale. C'est un aveu que l'effectif de l'artillerie française s'était trouvé tout à fait insuffisant dans la dernière guerre, et que cette insuffisance avait été loin d'être couverte par la distribution faite aux bataillons de l'infanterie des pièces légères, dites à la Rostaing.

Le mauvais état des finances et la difficulté de convenir ouvertement qu'on est resté jusque-là si fort au-dessous de ce qui est nécessaire, empêchent de créer de nouveaux régiments d'artillerie; mais on arrive assez habilement au même résultat, en transformant en artilleurs les hommes de sept régi-

---

(1) Le même règlement affecta, sous le titre de régiments d'état-major, cinq régiments provinciaux au service du génie, pour tout ce qui concernait l'établissement des camps et les fortifications de campagne.

ments provinciaux, ayant leurs quartiers d'assemblée dans le voisinage des villes où sont établies les écoles d'artillerie et où l'on peut les appeler pour participer aux instructions des régiments du corps royal.

Le bon esprit et la bravoure éprouvée des régiments de Grenadiers-royaux donnaient d'ailleurs toute confiance dans l'utile parti que l'on pouvait tirer des troupes provinciales bien commandées, instruites et placées sous l'influence du point d'honneur et de l'émulation.

On confiait aux régiments provinciaux l'exécution des bouches à feu de campagne qui exige, en effet, moins de théorie et de manœuvres, et qui, d'ailleurs, avait été, dans les dernières guerres, presque complétement abandonnée à l'infanterie.

Ce règlement consacrait au service spécial de l'artillerie quatorze régiments, exactement le nombre de ceux qui existent aujourd'hui, avec un effectif de paix de plus de 20,000 canonniers, conducteurs d'attelages non compris, c'est-à-dire plus qu'on n'en entretient aujourd'hui, et cela, en 1778, avant les immenses changements que les guerres de la révolution et de l'empire ont amenés dans la composition et la tactique des armées (1).

(1) Les régiments provinciaux d'artillerie portèrent le costume de toutes les troupes provinciales, blanc avec le collet et les parements bleu de roi, et boutons blancs. Ces boutons étaient timbrés d'un canon et du numéro que ces régiments avaient entre eux. Les boutons des régiments d'état-major reproduisaient en blanc le dessin des boutons du corps du génie.

NOUVEAUX APPAREILS

ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

POUR LES

EXPÉRIENCES DE L'ARTILLERIE,

PAR

MARTIN de BRETTES.

capitaine commandant au 3e régiment d'artillerie.

1

PENDULE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE.

Le pendule à seconde donne, comme on sait, à chaque oscillation, cette division du temps. Quoique très-petite, il y a beaucoup de circonstances dans lesquelles on a besoin de mesurer, avec précision, des intervalles de temps plus courts. Elles se présentent souvent dans les expériences de physique, de mécanique, d'artillerie, etc.

On pourrait bien, il est vrai, employer des pendule

dont l'oscillation serait moindre qu'une seconde, et, pour ainsi dire, aussi petite qu'on le voudrait. Il suffirait pour cela de diminuer convenablement la longueur du pendule, car à mesure qu'elle diminue, le temps de l'oscillation décroît dans un certain rapport exprimé par la formule

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Dans cette formule, l représente la longueur du pendule simple, correspondant au pendule composé, dont la durée de l'oscillation est T.

Mais à mesure que la durée de l'oscillation diminue, il devient plus difficile de l'observer. Cela est même impossible, quand la tige du pendule est diminuée au delà d'une certaine longueur. Il est, à plus forte raison, presque toujours impossible d'apprécier exactement une fraction d'oscillation, et par conséquent, le temps qui lui correspond.

L'emploi du pendule, battant une oscillation dans un temps très-court, ne paraît pas ainsi offrir assez de garantie pour apprécier des instants très-petits, et par conséquent, pour être adopté pour les expériences balistiques de l'artillerie.

On pourrait adopter la disposition suivante, qui consisterait à placer au-dessous, et près de la lentille d'un

pendule à seconde, un limbe divisé en un grand nombre de divisions; car en observant exactement le nombre des divisions parcourues par le pendule pendant le temps à mesurer, on connaîtrait la grandeur de l'arc parcouru par le pendule, et on en déduirait le temps cherché.

Cette détermination du temps s'obtiendrait par une simple proportion, si le mouvement du pendule était uniforme pendant tout le parcours de l'arc d'oscillation, et cela, quelle que fût la position de l'arc observé.

Mais il n'en est pas ainsi : le mouvement du pendule s'accélère à mesure que la lentille descend, et retarde à mesure qu'elle monte. Par conséquent, à des arcs égaux, placés différemment sur la courbe d'oscillation, correspondant à des durées inégales, il faut donc, pour déterminer le temps correspondant un petit arc, connaître à la fois sa grandeur et sa position sur la courbe d'oscillation.

La loi du mouvement du pendule, parfaitement connue, donne le moyen de calculer le temps correspondant à un arc quelconque, quand la position et la grandeur en sont connues.

Le problème est ainsi ramené à déterminer avec précision l'arc décrit par le pendule pendant le temps à mesurer, et sa position sur la courbe d'oscillation.

C'est dans cette détermination que consiste la diffi-

culté à surmonter dans l'application du pendule à la mesure des temps très-courts.

On pourrait peut-être faire usage du pendule à levier-frein du colonel Parizot, en employant l'électro-magnétisme, pour mettre le pendule en liberté, et l'arrêter, comme je l'ai exposé dans un *mémoire sur des projets d'appareils magnétiques destinés aux expériences de l'artillerie*, adressé au ministre de la guerre en 1847.

Cependant quelques expériences faites en Belgique avec divers moyens d'arrêter le pendule en mouvement, ont donné des résultats peu satisfaisants; ce qui semblerait démontrer que les divers procédés connus ne sont pas assez précis pour être en harmonie avec l'immense rapidité du fluide électrique.

Ces inconvénients ont conduit un officier d'artillerie belge, M. le capitaine Navez, à imaginer une disposition qui permît de déterminer la grandeur et la position d'un arc quelconque décrit par le pendule, sans arrêter le mouvement de ce dernier.

La disposition, au moyen de laquelle cet officier réalise ce problème, n'a pas été publiée; mais, d'après les calculs de l'inventeur et quelques expériences faites en 1849, au polygone de Braschaet, l'appareil promet de rendre de grands services.

La pièce principale de cet appareil est un pendule dont l'amplitude de l'oscillation est de 150 degrés (sexa-

gésimaux). Le temps est marqué par des arcs comptés sur un limbe divisé en 150 degrés, et sur lequel $\frac{1}{8}$ de degré est appréciable.

Au moyen d'une disposition particulière, le temps écoulé pendant l'arrivée d'un phénomène, par exemple pendant le parcours d'un arc de trajectoire par un boulet, a pour mesure un arc dont la position peut être quelconque sur le limbe. Cependant, quand on le peut, il faut toujours faire décrire l'arc dans la partie moyenne de la courbe d'oscillation du pendule, parce que la vitesse y étant la plus grande, permet d'apprécier des temps très-courts, au moyen d'arcs d'une longueur suffisante.

L'indicateur peut s'arrêter en un *point quelconque* du limbe, d'après l'auteur, et la force vive, acquise par le pendule au moment où il s'arrête, n'est pas un inconvénient, parce que cet *indicateur est indépendant du corps oscillant*, lequel peut continuer l'oscillation après que l'aiguille est fixée sur une division du pendule.

La variation dans la force du courant magnétique, est sans effet sur les résultats de l'appareil.

Enfin, il est simple, facile à employer, et peu coûteux, environ 400 fr.

J'ai, de mon côté, résolu le même problème, c'est-à-dire imaginé un procédé qui paraît donner avec certitude la grandeur et la position de l'arc décrit pendant

le temps à mesurer, à une époque quelconque de l'oscillation du pendule, et sans arrêter son mouvement oscillatoire.

L'appareil au moyen duquel on obtiendrait ces résultats, résultant d'une combinaison des propriétés du pendule et de l'électro-magnétisme, nous lui donnerons le nom de *pendule électro-magnétique* (1).

La grandeur de l'arc décrit par le pendule pendant un temps quelconque, serait entièrement déterminée si on pouvait reconnaître exactement la position de la tige du pendule, au commencement et à la fin de l'espace de temps à mesurer.

La position de l'arc sur le limbe serait aussi donnée par le nombre de degrés qui séparerait l'origine de l'arc de celle de la courbe d'oscillation.

Mais des observations de cette nature sont des opérations très-délicates, même pour des observateurs expérimentés, et sont soumises, par conséquent, à de trop nombreuses chances d'erreurs, pour que ce mode d'observer puisse être admis dans des expériences délicates, où la précision est indispensable.

---

(1) La description de cet appareil et de ses propriétés a été l'objet d'une note adressée à l'académie des sciences, qui, dans sa séance du 23 octobre 1854, l'a jugé digne d'être examiné par une commission, composée de MM. Pouillet, Babinet et Becquerel.

Nous emploierons donc un moyen moins exposé aux chances d'erreurs, que le serait même un œil exercé. Ce moyen consiste : à faire tomber un style sur un limbe, à l'instant même où commence le temps à mesurer, et à le faire relever aussitôt que ce temps est écoulé.

Le limbe peut être fixe et le style mobile, ou bien le style fixe et le limbe mobile; le résultat serait toujours le même, puisque le mouvement relatif du limbe et du pinceau serait aussi le même.

Dans le premier cas, le pendule conserverait à peu près la forme ordinaire; dans le second, il porterait à la partie inférieure de sa tige un limbe gradué, qui, en passant devant le pinceau, recevrait une trace quand ce dernier viendrait appuyer contre lui.

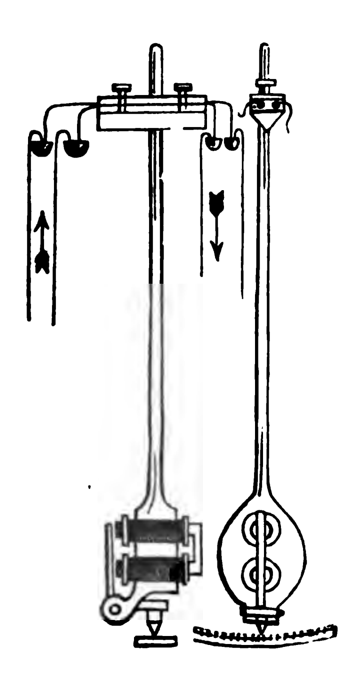
Ce dernier moyen étant analogue à l'emploi d'un style fixe et d'un cylindre tournant autour de son axe, que nous avons proposé en 1847, nous le regarderons comme étant un cas particulier de cette solution générale, et nous nous occuperons seulement du premier cas.

Si nous supposons le style placé au-dessous de la lentille, il tracera un arc, fraction de l'amplitude d'oscillation, dont la grandeur et la position ainsi connues fourniront les éléments nécessaires au calcul du temps correspondant.

Le problème sera donc résolu si on peut régler le

jeu du style, crayon, ou pinceau, de manière à en faire coïncider la chute et le relèvement, avec le commencement et la fin soit d'un temps à mesurer, soit de la durée d'un phénomène, soit enfin de l'arrivée de deux événements successifs.

La combinaison des propriétés du pendule et de l'électro-magnétisme paraît en donner le moyen à l'aide des dispositions suivantes.



La lentille porterait un électro-aimant, dont les

deux branches du fer à cheval seraient dans un plan vertical passant par la tige du pendule et l'axe de suspension.

Le fer à cheval de l'électro-aimant serait enveloppé d'une double hélice, en fil métallique isolé, réglée de manière que le passage de deux courants égaux et contraires laissât le fer dans son état naturel.

Les deux fils, enroulés en hélice, monteraient par couple le long de la tige du pendule jusqu'au couteau, passeraient à la partie supérieure de ce dernier, sur lequel ils seraient fixés, se recourberaient ensuite, à angle droit, parallèlement à la tige, et seraient coupés à une distance d'environ cinq centimètres du couteau. Chacun viendrait ensuite plonger chacune de ses extrémités dans une petite capsule en porcelaine remplie de mercure.

De chacune des deux capsules dans lesquelles plongent les extrémités du même fil enroulé en hélice, partirait un fil qui se rendrait à l'un des pôles de la pile, et compléterait le circuit voltaïque (1).

---

(1) Au lieu de cette disposition on pourrait faire traverser les couteaux par les fils isolés, et mettre chacun de ces derniers en contact avec une partie des supports qui serait convenablement isolée. De chacune de ces parties isolées, des supports partiraient des fils qui compléteraient les circuits voltaïques.

Ce procédé vaudrait peut-être mieux que le précédent, parce qu'il ferait disparaître les petites résistances qu'éprouveraient les fils dans les capsules de mercure si elles étaient appréciables.

Au moyen de cette disposition, on peut faire passer un courant dans le fil de chaque hélice, sans altérer le mouvement oscillatoire du pendule.

Au-dessous du pendule, et dans le plan des axes des bobines, on placerait un levier coudé, dont une des branches, qui serait parallèle à la tige du pendule, se trouverait vis-à-vis l'électro-aimant et à une très-petite distance, afin d'être toujours dans la sphère d'attraction de ce dernier.

L'autre branche, coudée à angle droit sur la première, porterait à son extrémité un style, un crayon ou un pinceau, sensiblement parallèle à la direction de la tige du pendule. La pointe du style ou pinceau serait maintenue par un ressort, à une très-petite distance, au-dessus d'un arc de cercle, gradué dans l'intérieur de la courbe.

Maintenant supposons les piles en activité, les courants réglés, pour que l'électro-aimant soit neutralisé, et le pendule oscillant.

Si, à un instant quelconque de l'oscillation, on interrompt un des courants, l'autre agit aussitôt sur l'électro-aimant et l'aimante. Celui-ci attire la branche du levier coudé, placée vis-à-vis de lui; l'autre s'abaisse, et par ce mouvement amène le style, crayon ou pinceau, au contact du limbe gradué, sur lequel il décrit un arc, jusqu'à l'instant où il est relevé par l'interruption du deuxième courant.

Ainsi, avec cet appareil électro-magnétique, le style tombe et se relève en même temps qu'a lieu l'interruption du premier et du deuxième circuit. L'arc décrit par le style correspond alors exactement au temps écoulé entre ces deux interruptions; et son origine sur le limbe, rapportée à celle du mouvement oscillatoire, détermine sa position : on a donc les éléments nécessaires pour calculer le temps écoulé entre les deux interruptions.

Le plus petit instant qu'on pourra mesurer avec cet appareil, n'aura évidemment d'autre limite que celle au-dessous de laquelle on ne pourrait apprécier exactement la longueur d'un arc.

Or, en supposant l'amplitude du pendule à seconde de 1 mètre, on pourrait facilement apprécier des arcs de $\frac{1^m}{100}$, et même de $\frac{1^m}{200}$, longueurs qui, dans la partie inférieure de la courbe d'oscillation, correspondront à des intervalles de temps beaucoup plus petits que $\frac{1''}{100}$ et $\frac{1''}{200}$.

Il est donc possible, avec le pendule électro-magnétique, de mesurer exactement et avec facilité des intervalles de temps très-petits, tels que $\frac{1''}{100}$, $\frac{1''}{200}$, etc.

Nous allons maintenant faire l'application de cet appareil chronoscopique à quelques expériences d'artillerie.

1°. — *Mesure de la vitesse initiale des projectiles.*

On ferait passer devant la bouche à feu le fil conduc-

teur d'un des courants qui circulent dans l'électro-aimant-pendule, et on le disposerait de manière qu'il fût nécessairement occupé par le projectile sortant de la pièce; le courant serait ainsi interrompu.

L'autre fil, dans lequel passerait le second courant, destiné à neutraliser le premier, communiquerait avec une cible métallique faisant partie du circuit. Cette cible serait composée d'un cadre servant de soutien à un réseau, formé avec un fil métallique continu et isolé, dont les mailles seraient assez serrées pour que le projectile ne pût traverser la cible sans rompre le fil, et par conséquent le circuit.

Ces dispositions étant prises, le canon chargé, les piles en activité, les courants réglés, et le pendule mis en mouvement, on mettra le feu à la pièce. Aussitôt le boulet sortira de la bouche à feu, brisera le fil métallique conducteur du premier courant, continuera sa course, et traversera la cible-réseau en brisant le fil continu dont elle est formée.

Quand le premier conducteur est brisé, le premier courant est interrompu, et cette interruption fait cesser instantanément la neutralisation de l'électro-aimant, qui attire aussitôt le levier coudé. Le style, appuyant en même temps sur le limbe gradué, commence à décrire un arc, et il continue jusqu'à l'instant où l'aimantation cesse, par l'interruption du deuxième courant, qui est produite par la rupture du réseau-cible, quand le boulet le traverse.

Ainsi la chute du style et son relèvement ont lieu simultanément avec les interruptions du premier et du deuxième courant. L'arc décrit par le style ou par le pendule, pendant le même temps, correspond donc exactement au temps écoulé entre les interruptions des deux circuits.

La grandeur de cet arc est donnée par le nombre des divisions et fractions de division du limbe. Sa position, relativement à l'origine connue de l'amplitude de l'oscillation du pendule, est déterminée par la division sur laquelle tombe le style. On a donc, avec une extrême facilité et une grande précision, les éléments nécessaires au calcul du temps employé par le boulet pour aller du premier fil à la cible, ou de la bouche de la pièce à la cible.

Soit T ce temps; si on suppose l'espace E de la bouche de la pièce à la cible-réseau assez petit pour que le boulet ne change pas sensiblement de vitesse pendant qu'il le parcourt, ou que la vitesse V soit uniforme, la vitesse initiale du boulet serait donnée par la formule très-simple

$$V = \frac{E}{T},$$

dans laquelle E est arbitraire, et T déduit comme on vient de le voir, si l'appareil peut donner ce temps très-court.

Or, on peut supposer que la vitesse initiale des pro-

jectiles, qui ne dépasse guère 500 mètres, est à peu près constante jusqu'à 5 mètres de la pièce.

Dans cette hypothèse, on aura approximativement

$$E = 5^{m} \text{ et } T = \frac{1''}{100}.$$

Il est donc nécessaire, dans les expériences de balistique, que l'appareil chronoscopique puisse donner exactement la mesure d'un intervalle de temps au moins aussi petit que $\frac{1''}{100}$.

Nous avons montré que le pendule électro-magnétique pouvait facilement donner la mesure d'un intervalle de temps au moins deux fois plus petit. Il peut donc servir pour mesurer la plus grande vitesse des projectiles de l'artillerie qui est, en général, comme on sait, leur vitesse initiale.

2°. — *Vitesse en un point quelconque de la trajectoire.*

Pour obtenir la vitesse en un point quelconque de la trajectoire, on emploierait deux cibles-réseaux, au lieu d'un simple fil et d'une cible-réseau, comme dans le cas précédent.

Chaque cible aurait des dimensions déterminées d'après les écarts moyens des projectiles aux distances où elles seraient de la bouche à feu.

La distance entre les deux cibles serait telle, que, pendant le trajet de l'une à l'autre, la vitesse du mobile ne changeât pas sensiblement.

Enfin, chacune d'elles ferait partie du circuit d'un des courants.

D'après cela et le cas précédent, en appelant V' la vitesse à une distance quelconque, E' la distance qui sépare les deux cibles, T' le temps employé par le projectile pour aller d'une cible à l'autre, on aura

$$V' = \frac{E'}{T'}$$

Il serait facile de multiplier les applications, mais les deux exemples précédents suffisent pour faire comprendre l'usage du pendule électro-magnétique dans les applications qu'on pourrait en faire.

Cependant nous ferons observer que cet appareil donne le moyen de résoudre quelques questions encore à l'état de problème. Ainsi :

1° On n'a pu mesurer la vitesse initiale des projectiles tirés sous de grands angles, des bombes par exemple, attendu que le pendule balistique ne peut être employé. On connaît encore moins la vitesse de ces projectiles au point de chûte. Avec notre appareil rien n'est plus facile ;

2° On ne connaît pas la vitesse des éclats des projectiles creux, c'est-à-dire la vitesse maxima. Avec notre appareil, celle des éclats, produits par un projectile

creux éclatant dans sa trajectoire, serait obtenue comme celle d'un projectile quelconque à une distance donnée de la bouche à feu. La vitesse des éclats d'un projectile creux éclatant au repos, s'obtiendrait aussi très-facilement; il suffirait pour cela d'employer deux réseaux métalliqnes, formant deux cages concentriques au projectile creux destiné à éclater. La distance des réseaux étant connue, et le temps employé pour les parcourir, qui serait donné par le pendule électro-magnétique, serviraient à calculer la vitesse cherchée.

Paris — Imprimerie de H. V. de Surcy et Ce. rue de Sèvres, 37.

JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

HISTOIRE
DE
L'ANCIENNE INFANTERIE FRANÇAISE.

Par Louis Susane, chef d'escadron d'artillerie.*

RÉGIMENT ROYAL DE L'ARTILLERIE.

(*Suite*) Ultima ratio.

Pendant la guerre de l'indépendance des États-Unis, les régiments d'artillerie fournirent de nombreux détachements pour la défense des colonies et pour les opérations dont les Antilles et le continent d'Amérique furent le théâtre.

A la paix, le ministre de la marine, pour être à l'avenir le maître dans son département, revint à l'idée qui avait déjà prévalu un instant, après la guerre de Sept Ans, et fit créer, par ordonnance du 24 octobre 1784, un régiment d'artillerie des Colonies et trois compagnies d'ouvriers.

L'Assemblée nationale, par son décret du 2 décembre 1790, fixa la composition des troupes du corps de l'artillerie à sept régiments de canonniers, six compagnies de mineurs et dix compagnies d'ouvriers, non compris huit compagnies de canonniers invalides et les compagnies de canonniers garde-côtes distribuées sur les frontières maritimes. Les compagnies de sapeurs furent transformées en compagnies de canonniers, et pendant trois ans, il n'y eut plus de sapeurs en France.

Chaque régiment fut formé de deux bataillons de dix compagnies qui se partagèrent en deux divisions

de cinq compagnies. Chaque compagnie fut composée, au pied de paix, de quatre officiers, deux capitaines et deux lieutenants, et de cinquante-cinq sous-officiers et soldats. L'état-major d'un régiment comprenait un colonel, six lieutenants-colonels, un quartier-maître trésorier, deux adjudants-majors, un aumônier, un chirurgien-major, quatre adjudants, un tambour-major, un caporal-tambour, huit musiciens et trois maîtres-ouvriers, tailleur, armurier et cordonnier.

Les compagnies de mineurs comptèrent 63 hommes de troupe; celles d'ouvriers eurent la même composition que les compagnies de canonniers.

Le 1er janvier 1791, les régiments d'artillerie cessèrent de porter les noms des écoles et de rouler entre eux suivant l'ancienneté de leurs colonels. On leur donna des numéros qui rappelaient leur ancienneté réelle, en se basant sur l'organisation du 5 février 1720. Le corps royal continua de compter parmi les régiments d'infanterie à son rang de création, mais sans numéro (1).

Le 27 août 1792, le régiment d'artillerie des Colonies et les trois compagnies d'ouvriers qui lui étaient attachées, sont réunis à l'artillerie de terre, qui compte dès lors huit régiments de canonniers à pied, douze compagnies d'ouvriers, six compagnies

(1) Le régiment des Fusiliers du roi, à sa création en 1671, vait eu le numéro 51. A la réorganisation de 1693, Royal-Artillerie était monté au 46e rang. Les dédoublements de 1775 et 1776 le reculèrent au 53e et au 64e. En 1790, après le licenciement du régiment du Roi, il eut le numéro 63.

de mineurs et neuf compagnies de canonniers à cheval, nouvellement créées.

L'apparition de l'artillerie à cheval est un fait immense. C'est la révolution passant sur les vieilles institutions militaires de la France; c'est l'émancipation de l'artillerie, qui cesse d'être une fraction subordonnée et entravée de l'infanterie pour s'élever au rang d'arme indépendante et libre de ses mouvements et de ses progrès. Ce fait, qui s'est produit dans la dernière année de la monarchie, et après lequel le régiment Royal-Artillerie, si bizarrement organisé et placé au milieu des régiments de l'infanterie, devait nécessairement changer de position et de forme, mérite d'être examiné dans ses causes et dans ses effets.

Jusqu'à la guerre de Sept Ans, l'artillerie, il faut le dire, n'avait le plus souvent joué sur le champ de bataille qu'un rôle secondaire. On sait qu'à Fontenoy, en 1745, la colonne anglaise s'étant présentée pour faire une trouée dans l'armée française, sur un point où il n'y avait point de canon, nul ne songea à en aller chercher. Les bataillons, les escadrons se ruèrent les uns après les autres, sur cette masse redoutable, sans pouvoir l'ébranler. Au moment où tout semblait perdu, un jeune officier du régiment de Touraine émit tout bas l'avis qu'on pourrait essayer de l'effet de quatre pièces de quatre qui étaient là, sous la main; le duc de Richelieu s'empara de l'idée, fit avancer ces quatre pièces, les fit pointer sur la

tête de la colonne, et la bataille fut gagnée, et tout le monde trouva l'idée de M. de Richelieu aussi heureuse qu'extraordinaire.

La stratégie avait, en effet, jusque-là consisté surtout à prendre et à défendre des places fortes. Quand on ne faisait point de siéges, les armées cherchaient à s'établir dans une province fertile et à y vivre aux dépens de l'ennemi, en s'entourant de lignes et de redoutes. La guerre se réduisait en ce cas à des expéditions de troupes légères, ayant pour but de se procurer des fourrages et des vivres, et de frapper de contributions les cantons voisins des quartiers de l'armée. Ces expéditions donnaient lieu à des combats où figurait rarement de l'artillerie. Les batailles étaient amenées par le désir d'un général de chasser son adversaire de ses quartiers, ou par la rencontre de deux armées au moment où l'une d'elles, après avoir épuisé le pays sur lequel elle vivait, cherchait à se transporter sur un autre.

Dans les deux cas, la bataille se préparait plusieurs jours à l'avance. Chacun des deux partis s'efforçait, par des marches et des contre-marches, de s'assurer l'avantage d'une bonne position; lorsqu'il croyait avoir trouvé un terrain convenable, il s'y fortifiait rapidement par des ouvrages de campagne armés de canons, et la bataille n'avait lieu qu'autant qu'un des deux généraux, se sentant une supériorité marquée, ou plus hardi, sortait de ses lignes pour attaquer son adversaire dans les siennes : c'est-à-dire qu'une

bataille n'était en réalité qu'une espèce de siége.

Tant que dura cette méthode de faire la guerre, on n'éprouva point le besoin d'alléger le lourd matériel de Louis XIV. Des charretiers levés par des entrepreneurs, où des paysans mis en réquisition avec leurs chevaux de labour, placés les uns et les autres sous la direction de quelques officiers spéciaux, amenaient les bouches à feu dans la position qu'elles devaient occuper, et cette position restait invariable, ou peu s'en faut, pendant toute la durée de l'action.

L'expérience de la guerre de la succession d'Autriche, dans laquelle notre armée avait été en contact avec les armées allemandes, qui commençaient à se ressentir de l'influence du génie de Frédéric, donna lieu, pour la première fois, aux généraux français de remarquer que ce qui avait été bon sous Louis XIV, n'était plus suffisant au milieu du XVIIIe siècle, et l'on chercha pendant les années de paix qui précédèrent la guerre de Sept Ans, à apporter quelques modifications dans l'organisation de l'artillerie et dans son emploi.

Le besoin de multiplier les bouches à feu dans les armées et d'appuyer les manœuvres de l'infanterie par un matériel qui fût en état de la suivre, conduisit à un expédient, souvent renouvelé depuis et toujours sans succès, on introduisit l'usage des pièces de bataillon.

Un canon de quatre, dit à la suédoise ou à la Rostaing, fut donné à chaque bataillon d'infanterie.

La conduite et le service de cette pièce furent confiés à quinze soldats choisis parmi les plus intelligents. On peut dire que c'est là l'origine de l'artillerie de bataille ou de campagne (1).

Ainsi, pendant la guerre de Sept Ans, l'artillerie des armées se composa de deux parties bien distinctes.

C'était d'une part, les pièces de bataillon, aussi légères, aussi mobiles que le permettait alors l'état du matériel et des moyens d'attelage; mais, d'un calibre peu efficace, dispersées sur toute l'étendue de l'armée, ne se prêtant en aucune façon aux réunions par masses, difficiles à réapprovisionner et servies sans direction, par des hommes chez lesquels le courage et la bonne volonté ne pouvaient pas suppléer à tout ce qui leur manquait sous le rapport de la science et de la pratique.

D'autre part, il y avait les brigades du corps royal continuant à servir les batteries de position et les bouches à feu de gros calibre qu'on employait encore en rase campagne; artillerie immobile, trouvant parfois l'occasion de faire de grands ravages dans les rangs ennemis, mais le plus souvent réduite à l'impuissance par l'imprévu et la rapidité d'exécution des combinaisons stratégiques de la nouvelle école prussienne.

---

(1) Le maréchal de Saxe avait déjà eu cette idée dans la guerre précédente. Il l'avait même appliquée, mais n'était point parvenu à la faire adopter.

Les causes des revers de l'armée française, dans cette guerre, sont nombreuses; mais il est hors de doute que l'infériorité de son artillerie, sous le rapport du matériel et de l'organisation, y a eu une part considérable.

A la paix, les pièces de bataillon, qui n'avaient pas réalisé tout le bien qu'on en avait espéré, furent supprimées et l'on songea sérieusement à corriger ce qu'il y avait de vicieux dans l'état de l'artillerie; mais, comme toujours, on perdit son temps en vaines disputes. Les officiers du corps royal se partagèrent en deux camps. Ceux qui avaient vieilli dans le métier, et qui tenaient à ne point être dérangés dans leurs habitudes; ceux aussi qui ne se souciaient point de voir mettre au rebut ce qu'ils connaissaient et d'être contraints à apprendre ce qu'ils ne savaient pas, se déclarèrent les partisans exclusifs du vieux système et, usant d'un moyen inepte qui a cependant toujours quelque succès, ils alléguèrent que c'était avec ce vieux système qu'on avait gagné les batailles de Fontenoy et de Lawfeld, et même celles d'Haastembeck et de Bergen dans la dernière guerre.

Les esprits ardents, au contraire, humiliés des malheurs qui venaient d'accabler la patrie, cherchaient à expliquer le bonheur des armes du roi de Prusse par la perfection des institutions militaires de ce prince et voulaient tout changer.

Cette discussion, qui dura quinze ans, se termina pourtant, comme cela devait être, dans le sens du

progrès. Le général Gribeauval, qui avait longtemps servi en Autriche et qui avait pu étudier à fond les systèmes d'artillerie des principales puissances de l'Europe, finit par faire adopter un nouveau matériel, doué d'une mobilité beaucoup plus grande que celle dont le système de Vallière était susceptible, mais il ne put rien obtenir pour le personnel. Il faut des révolutions pour oser porter la main sur l'état et les intérêts des hommes.

Les battèries, attelées et conduites comme auparavant par des charretiers et des chevaux de réquisition, purent passer partout, mais au pas, quoique la construction des nouvelles voitures permît toutes les allures. Sur les champs de bataille, elles ne furent plus embarrassées pour se mouvoir, pour exécuter quelques évolutions à courte distance, au pas de course des canonniers, mais la nécessité d'attendre ceux-ci devait imposer aux généraux l'obligation de n'entreprendre de semblables manœuvres qu'avec beaucoup de circonspection.

Tel était l'état de l'artillerie de campagne au moment de la révolution. Le matériel était bon et pouvait se prêter aux évolutions rapides. Quant au personnel, il était en arrière; il ne pouvait pas aller aussi vite que ses pièces; peut-être même pourrait-on dire qu'il n'existait pas, car les vieux officiers d'artillerie avaient préféré conserver le service des grosses bouches à feu; ils avaient, chose qui paraît aujourd'hui incompréhensible, abandonné l'exécu-

cution du canon de bataille aux régiments provinciaux, qui furent licenciés le 20 septembre 1789 et dont les hommes allèrent servir les pièces de bataillon données aux volontaires de la garde nationale.

Les jeunes officiers, que la révolution et l'émigration placèrent tout d'un coup à la tête de l'artillerie, reconnurent, même avant le commencement de la guerre, ce qui leur manquait.

La Fayette, qui avait assisté en 1785 aux manœuvres du camp de Silésie, avait rendu populaire parmi eux l'idée de l'artillerie volante, adoptée en Prusse en 1759. On voulut avoir de l'artillerie volante. Un décret du 28 septembre 1791 recommanda cette idée au ministre de la guerre, et, le 11 janvier 1792, Narbonne proposa la levée immédiate de deux compagnies. Organisées aussitôt à Metz par le général Mathieu Dumas, les compagnies des capitaines Chanteclair et Barrois furent attachées, la première à l'armée de Lückner, la seconde à celle de La Fayette, et excitèrent aussitôt l'enthousiasme, tant les idées justes sont facilement comprises. Tous les généraux voulurent en avoir, et un nouveau décret du 17 avril en porta le nombre à neuf (1). La guerre en fit bientôt surgir une quarantaine.

---

(1) Le décret du 17 avril fut voté d'urgence. Son article XIV était ainsi conçu : « Le présent décret sera porté dans le jour à la sanction du roi ».

Les deux premiers régiments eurent chacun deux compagnies à cheval. Les cinq autres en eurent chacun une.

Cette nouvelle artillerie, dont la plupart des capitaines se firent des réputations d'armée, mit hors de discussion l'importance du rôle que le canon est appelé à jouer dans les batailles. Quelques années plus tard, elle devait assurer son action en tous temps et en tous lieux, en remplaçant les attelages de réquisition par un corps militaire, qui, sous le nom de train d'artillerie, fut attaché aux compagnies de canonniers et chargé exclusivement de la conduite des voitures, sous les ordres du capitaine d'artillerie (1).

Pendant que l'artillerie à cheval, répondant enfin aux nécessités de la nouvelle stratégie, utilisait la mobilité du matériel de campagne et établissait une spécialité nouvelle pour le service des avant-gardes, des divisions de cavalerie et de ces grandes réserves que le général en chef lance, au moment critique des batailles, sur le point où va se décider l'action, l'ancienne artillerie à pied conservait le rôle qui lui appartenait, et ses compagnies étaient attachées aux divisions d'infanterie de ligne, aux réserves de gros calibre et au service des parcs de siége. Elle aussi trouva dans les attelages du train les moyens de marcher, sinon vite, du moins longtemps.

C'est cette artillerie, partagée en artillerie à pied, artillerie à cheval et train d'artillerie, qui, pendant

(1) Le train d'artillerie a été créé par un arrêté des Consuls du 2 janvier 1800.

les grandes guerres de l'empire a suffi à tous les besoins, en tirant du matériel Gribeauval ce qu'il pouvait donner.

La loi du 18 floréal an III avait fixé la composition des troupes de l'artillerie comme il suit : huit régiments d'artillerie à pied de vingt compagnies chacun ; huit régiments d'artillerie à cheval de six compagnies ; douze compagnies d'ouvriers et un bataillon de pontonniers de huit compagnies.

Le corps du génie avait réussi à se faire donner les mineurs le 15 décembre 1793. Un décret du même jour avait créé pour lui douze bataillons de sapeurs.

Cette loi du 18 floréal an III correspond au moment où l'ancienne infanterie désorganisée disparaît dans un amalgame général avec les bataillons de volontaires nationaux. Le corps de l'artillerie, resté seul debout parmi toutes ces ruines, seul survivant de ces vieux régiments de Louis XIV au milieu desquels il avait marché jusque-là, prit logiquement, sans contestations, par son droit d'ancienneté et en vertu des usages constamment suivis, la tête de la nouvelle infanterie et par conséquent de l'armée. La décision ministérielle du 16 brumaire an VI, qui régla le rang des troupes dans l'ordre suivant : artillerie, génie, infanterie et cavalerie, n'a fait, du moins en ce qui concerne l'artillerie, que constater un fait et rappeler un droit (1).

(1) L'infanterie, enrégimentée au XVIe siècle, avait toujours eu le

Nous arrêtons ici l'exposition des faits généraux qui se rattachent à l'organisation et à l'histoire du régiment Royal-de-l'Artillerie. Aller plus loin, ce serait sortir du cadre dans lequel nous nous sommes renfermé jusqu'à présent, ce serait sortir de l'histoire de l'ancienne infanterie. Il nous reste à dire quelques mots de la vie des huit régiments, dont se composait le corps dans les derniers moments de la monarchie.

RÉGIMENT DE LA FÈRE.

1er RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

LIEUTENANTS-COLONELS, CHEFS DE BRIGADE ET COLONELS.

1. PIJART (N.), 25 février 1720.
2. DE TORPANE (N.), 25 septembre 1733.
3. Marquis de VAREIX (Joseph de La Capelle-Marival), 21 janvier 1740.

---

pas sur la cavalerie enrégimentée au XVIIe. Les soixante-deux régiments d'infanterie qui précédaient Royal-Artillerie disparaissant, ce corps restait le plus ancien de France. Les choses avaient toujours été interprétées d'après ce principe. Quand un régiment disparaissait, tous ceux qui le suivaient avançaient d'un rang; les dédoublements des vieux corps en 1775 et 1776 firent reculer toute la gauche de l'infanterie. Les sept régiments provinciaux, attachés en 1778 à l'artillerie, eurent le pas sur tous les autres régiments provinciaux, parce qu'ils appartenaient à l'artillerie plus ancienne que l'institution des troupes provinciales. Ces troupes provinciales elles-mêmes avaient le pas sur tous les régiments levés par Louis XV, parce que leur création remontait à 1719.

4. DE SAINT-CLAIR (N. de L'Isle), 30 mars 1748.
5. DE CHABRIÉ (Raymond), 28 janvier 1753.
6. DE LOYAUTÉ (Arnould), 1er janvier 1759.
7. DE SAINT-AUBAN (Antoine Baratier), 7 mars 1761.
8. Marquis de THIBOUTOT (Jean Léon), 15 octobre 1765.
9. DU TEIL (Jean Pierre), 1er janvier 1777.
10. D'HÉLYOT (Jacques Antoine Chénard), 3 juin 1779.
11. Chevalier de LANCE (Louis César de Cheverzy), 5 juin 1784.
12. DE SAPPEL (Pierre Abel), 9 mars 1788.
13. QUINTIN (Joseph), 1er novembre 1792.

On a vu qu'à l'organisation du 5 février 1720, le nouveau 1er bataillon de Royal-Artillerie était échu en partage au lieutenant-colonel Pijart. Ce bataillon, aussitôt après sa formation, se rendit à Metz où il demeura jusqu'à la guerre de la succession de Pologne. En 1733, il portait le nom de Torpane et fournit un détachement de 200 hommes à l'armée d'Allemagne. Le reste se rendit en Italie. A la paix, il fut mis en garnison à Grenoble, et, en 1739, il envoya une compagnie en Corse.

Le bataillon, devenu Vareix, servit encore en Italie et sur les Alpes pendant la guerre de la succession d'Autriche et prit une part distinguée à la célèbre défense de Gènes. Donné en 1748 à M. de Saint-Clair, il fut alors envoyé en garnison à La Fère, d'où il se rendit à Besançon en 1752.

Au début de la guerre de Sept Ans, sous le nom de bataillon de Chabrié, il fait partie de l'expédition de Minorque et s'acquiert une gloire immortelle

au siége de Mahon. Ses pertes y furent énormes. Le capitaine du Pinay, les lieutenants Dutot, Mélac, Chaband, Vertier, Capriol de Péchassaut et du Gravier, les cadets Méry et de Rozan, y furent tués ou mortellement blessés. Le capitaine Douville, l'aide-major Isarn et huit lieutenants y furent, en outre, plus ou moins grièvement blessés. Un canonnier, qui eut le bras droit emporté au moment où il mettait le feu à une pièce, ramassa tranquillement son boute-feu de la main gauche, envoya un boulet à l'ennemi et dit après : « Ces gens-là croyaient donc que je n'avais qu'un bras. »

Après l'entière conquête de Minorque, le bataillon, laissant à Mahon un détachement qui y demeura jusqu'à la paix, revint en France, et fut bientôt dirigé sur le Rhin. Il fit les campagnes suivantes à l'armée du maréchal de Soubise. Il prit, le 1er janvier 1759, le titre de brigade de Loyauté, du nom de son chef. En 1761, cette brigade, devenue Saint-Auban, était attachée au corps d'avant-garde commandé par le prince de Condé, et se distingua à l'affaire d'Unna et au siége de Meppen. Le chef de brigade Saint-Auban et le capitaine La Roche Valentin furent nommés, le premier, maréchal de camp, et le second, lieutenant-colonel, pour leur brillante conduite devant Meppen. Le lieutenant Grosbois fut grièvement blessé par un boulet le 25 août 1762 dans une des affaires qui précédèrent le combat du Johannisberg.

Lorsque la paix fut faite, la brigade fut envoyée à Grenoble, et en mars 1763, elle vint à La Fère. L'année suivante, elle devenait le régiment de La Fère, qui garda les drapeaux d'ordonnance de Royal-Artillerie.

Ce régiment se rendit à Douai en octobre 1767, à Besançon en septembre 1769, revint à Douai en février 1771, fut à Metz en septembre 1775 et détacha en avril 1778 son 1er bataillon à Dunkerque, pour la défense des côtes. Le 2e bataillon quitta aussi Metz en 1779 pour venir s'établir à La Fère, et le 1er continua de faire partie du corps du comte de Chabot, chargé de garder les côtes septentrionales de la France. La position du régiment était la même en 1780, sauf que le 2e bataillon avait détaché quatre compagnies à l'école de Douai. L'année suivante, le 1er bataillon était à Metz et le 2e à Strasbourg. Celui-ci se rendit à la fin de 1782 à La Rochelle. Au 1er janvier 1784, le corps était à Valence et avait deux compagnies en Corse. Le 1er septembre 1785, il reçut dans ses rangs Napoléon Bonaparte, classé lieutenant en second de la compagnie de bombardiers du capitaine Dautume. Le régiment se rendit à Douai en octobre 1786 et de là à Auxonne, en 1787; il y fut rejoint par les deux compagnies détachées en Corse. En 1789, le régiment de La Fère fut appelé aux environs de Paris et fit, pendant quelques jours, partie du camp de Saint-Denis. Rentré à Auxonne au mois d'août, il demeura dans cette ville

jusqu'en mai 1792 et fut alors à Metz. Un détachement, dirigé vers la même époque sur Perpignan, mérita les éloges de l'Assemblée nationale, pour avoir contribué à faire échouer une conspiration de quelques officiers d'infanterie, qui avaient projeté de livrer aux Espagnols la citadelle de Perpignan. Ce détachement fut depuis attaché à l'armée des Pyrénées-Orientales, tandis que le reste du régiment combattait, d'abord à l'armée du Centre, puis à celles de la Moselle et du Rhin. Une compagnie s'illustra, à la fin de 1793, à la célèbre défense de Bitche.

Il n'entre pas dans notre plan de pousser l'histoire des régiments d'artillerie au delà du point où nous nous sommes arrêté pour les régiments d'infanterie. L'extrême dispersion des éléments d'un même régiment, résultat de la nouvelle manière de combattre qui s'introduisit pendant les guerres de la République, rendrait d'ailleurs cette tâche excessivement compliquée et le récit d'une multitude de faits, sans connexion entre eux, tout à fait fastidieux.

Nous nous bornerons à dire que le régiment de La Fère, devenu le 1er régiment d'artillerie à pied et successivement commandé par les chefs de brigade ou colonels Delpire, Buchet, Allix, Pernetty, d'Aboville aîné, Valée, Gerdy et Digeon, fournit principalement ses compagnies aux armées d'Allemagne, qu'il fut licencié à Limoges par ordre du 31 août 1815, et que deux compagnies et demie,

conservées sur pied, ont servi de noyau, en 1816, à un nouveau 1er régiment d'artillerie à pied formé à Bourges et complété avec des compagnies recrutées parmi les canonniers originaires des départements de la Charente-Inférieure, de l'Hérault, des Bouches-du-Rhône, du Jura et de l'Allier.

RÉGIMENT DE METZ.

2e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

LIEUTENANTS-COLONELS, CHEFS DE BRIGADE ET COLONELS.

1. DE CERTEMONT (Charles du Plessier), 25 février 1720.
2. DE BRÉANDE (Joseph-Bonaventure Villiain), 31 mai 1728.
3. Vicomte de RICHECOURT (François-Raymond de Ronty), 18 décembre 1743.
4. DE VILLERS (N. de Fransure), 30 mars 1748.
5. DE LA MOTTE-TAFFARD (Henri Charles), 15 décembre 1751.
6. D'INVILLIERS (Louis-Henri Ballard), 1er janvier 1759.
7. DE LOYAUTÉ (Arnould), 7 mars 1761.
8. LE DUCHAT D'OUDERNE (Gédéon), 15 octobre 1765.
9. DE LA ROCHE-VALENTIN (Charles-François Valentin), 24 mars 1769.
10. DE PRESLE (Jean-Baptiste Bertin), 1er janvier 1777.
11. DE FAULTRIER DE CORVOL (Jean-Claude Joachim), 3 juin 1779.
12. D'ABOVILLE (François-Marie), 19 avril 1782.
13. DE RIVERIEULX DE JARLAY (Bernard), 19 juin 1785.

14. DE RISON (François-Claude), 1er juin 1791.
15. DE LADONCHAMP (Jacques-Henri-François Lefebvre), 6 février 1792.

Le bataillon de Certemont, après avoir été organisé à Vienne, se mit en route pour Strasbourg. Il figura en 1725 aux grandes revues qui eurent lieu lors du passage dans cette ville de la princesse Marie Lecksinska, qui allait épouser Louis XV. Il fit, sous le nom de Bréande, les campagnes de 1733 à 1735 à l'armée d'Allemagne. Son chef fut fait brigadier pour les services qu'il rendit au siége de Philisbourg.

Le bataillon sert, de 1741 à 1743, en Allemagne et sur le Rhin. Il passe en 1744 à l'armée de Flandre, et on le trouve cette année, sous le nom de Richecourt, au siége de Furnes et au camp de Courtrai. En 1745, il combat à Fontenoy et fait les siéges de Tournai, de Termonde, d'Audenaërde et d'Ath. Il est en 1746 au siége de Namur et à la bataille de Rocoux; en 1747, il contribue à la conquête des places de la Flandre hollandaise, combat à Lawfeld et fait le siége de Berg-op-Zoom; enfin, en 1748, il sert à la prise de Maëstricht. Le lieutenant-colonel de Richecourt mourut cette année, épuisé par les fatigues de la guerre.

Le bataillon devenu La Motte était en garnison à La Fère quand éclata la guerre de Sept Ans. Il fut alors attaché aux armées d'Allemagne et se trouva en 1757 à la bataille d'Haastembeck et à l'expédition de Hanovre, et en 1758 à la bataille de Créfeld.

Sous le nom de brigade d'Invilliers, le corps se couvre de gloire, au mois de juillet, au siége de Münster : le capitaine Thieulin de Saint-Vincent et les lieutenants d'Alayrac et Bovet, sont blessés à ce siége. En 1760, la brigade prend part aux affaires de Corbach, de Warbourg et de Clostercamps. L'année suivante, sous les ordres de M. de Loyauté, son nouveau chef, elle se distingue à la défense de Cassel et aux combats de Villingshausen. Le capitaine Macé de Monthoury fut nommé chevalier de Saint-Louis pour sa belle conduite à Cassel. Le capitaine de Beaurepaire fut blessé par une grappe de raisin à Villingshausen.

A la paix, la brigade fut mise en garnison à Metz, et en 1765 elle devint le régiment d'artillerie de Metz, qui reçut, comme marque distinctive, des drapeaux d'ordonnance de même dessin que ceux de Royal-Artillerie, mais dont les couleurs furent le jaune et le gorge de pigeon.

Le régiment se rendit en octobre 1766 de Metz à Auxonne et passa en septembre 1769 à La Fère. Il avait encore en 1772 dans ses rangs un canonnier, nommé Georges Verrier, qui était entré dans Royal-Artillerie en 1712. En septembre 1775, le régiment de Metz fut placé à Douai, et en 1777, son 2e bataillon fut envoyé à Saint-Malo, où il s'embarqua le 15 octobre pour l'Amérique. Le 1er bataillon, envoyé en 1778 à La Rochelle, fit partie en 1779 du camp assemblé à Saint-Jean-d'Angély, sous les ordres du mar-

quis de Voyer d'Argenson. Le capitaine Sancé, du 2e bataillon, fut tué le 25 septembre 1779 au siége de Savannah. Deux compagnies du 1er bataillon se rendirent aux Antilles à la fin de 1780 et furent suivies de deux autres en 1781.

A la paix, ce qui restait en France du régiment de Metz fut envoyé à Strasbourg, où toutes les compagnies se trouvèrent réunies à la fin de 1784. En octobre 1786, le régiment fut à Besançon et Auxonne, où il se trouvait encore lorsque la révolution éclata.

Pendant les guerres de la République et de l'Empire, le 2e régiment d'artillerie à pied envoya ses compagnies aux armées d'Allemagne et d'Italie. Il eut, pendant cette période, pour colonels, MM. Chapel, Despinassy, Simon Fautrier, Demanelle, Lenoury et Doguerau aîné. Licencié en 1815 à Rochefort, le 2e régiment d'artillerie à pied a été réorganisé l'année suivante avec le fond de l'ancien et des compagnies de canonniers tirées des départements de la Marne, de l'Aube, de la Moselle, de la Meuse et de la Haute-Marne.

RÉGIMENT DE BESANÇON.

3e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

LIEUTENANTS-COLONELS, CHEFS DE BRIGADE ET COLONELS.

1. DE TORIGNY (N.), 25 février 1720.
2. DE VILLAS (N.), 26 septembre 1728.

3. DE LA BORIE (N.), 10 décembre 1731.
4. DE FONTENAY (Jean-Louis Bondois), 11 février 1743.
5. DE SOUCY (Jean-François de Fitte), 30 mars 1748.
6. DE LA PELLETERIE (Urbain-Pierre-Louis Bodineau), 1er janvier 1759.
7. DE COMBES (Joseph du Breuil-Bélyon), 5 avril 1762.
8. DESMAZIS DE BRIÈRES (Alexandre-Nicolas), 1er janvier 1763.
9. DE VER (Jacques-Isaac), 15 octobre 1765.
10. LE DUC (Claude Marie Valenciennes), 19 février 1766.
11. BOILEAU-DESCOMBES (Laurent-Michel-Joseph), 9 juillet 1769.
12. Chevalier de FRÉDY (Nicolas), 1er novembre 1774.
13. Vicomte de VOISINS (Jacques Rose), 3 juin 1779.
14. DE SÉNARMONT (Alexandre-François Hureau), 25 mai 1788.
15. DE SINCÉNY (Jean-Baptiste-Marie Fayard), 18 juillet 1792.
16. DE LA BAYETTE DE GALLES (Charles Morard), 1er novembre 1792.

Après sa formation, le 3e bataillon de Royal-Artillerie, échu à M. de Torigny, fut envoyé en garnison à Grenoble. Il fit, sous le nom de La Borie, les campagnes de 1733 à 1736 à l'armée d'Italie. Le lieutenant Dartigues fut blessé devant Milan et Tortone, et le lieutenant Saint-Hilaire le fut à la bataille de Parme. A sa rentrée en France, le bataillon fut envoyé à La Fère, et, au mois de juillet 1739, il se rendit au camp assemblé à Compiègne pour l'instruction du dauphin.

Passé en Bohême en 1741, il contribua à la défense de Prague. Revenu sur le Rhin au com-

mencement de 1743, et donné au chevalier de Fontenay, il combattit vaillamment à Dettingen, où, par l'habile disposition de ses batteries, il eût anéanti l'armée anglaise sans la fausse manœuvre du régiment des Gardes Françaises. Le bataillon contribua, en 1744, à la défaite du général autrichien Nadasty, sur les hauteurs de Saverne, et pendant les mois d'août et de septembre, il fut employé à la garde de Louis XV, pendant la maladie de ce prince, à Metz. En 1745, Fontenay passa en Flandre et se trouva à la bataille de Fontenoy et aux siéges de Tournai, de Termonde, d'Audenaërde et d'Ath. Il fit, en 1746, ceux de Bruxelles, de la citadelle d'Anvers, de Mons, de Charleroi et de Namur, et il combattit à Rocoux. Il combattit encore à la journée de Lawfeld en 1747, et en 1748 il servit au siége de Maëstricht, où le capitaine Dartigues eut une partie du crâne enlevée par une balle. A la paix, le bataillon, qui portait depuis peu le nom de Soucy, fut mis en garnison à Metz.

Au début de la guerre de Sept Ans, le bataillon de Soucy fut envoyé au Havre. Les lieutenants Pecquet, Deschamps et Ansard de Mouy furent brûlés, le 2 avril 1757, à l'incendie de cette ville. Cette même année, le lieutenant Bonafous de Carminel passa au Canada avec un détachement de vingt canonniers. Le bataillon, devenu en 1759 brigade de La Pelleterie, continua de servir sur les côtes de la Normandie, répondit plusieurs fois aux flottes anglaises qui vin-

rent bombarder le Havre, et se rendit enfin en 1760 à l'armée d'Allemagne. Il se fit remarquer, en 1761, au siége de Meppen.

Placée à Grenoble, après la cessation des hostilités, la brigade prit en 1763 le nom de Desmazis et se rendit à La Fère. En juillet 1764, elle fut appelée au camp de Compiègne et à la séparation des troupes, elle se mit en route pour Besançon, où elle fut organisée en régiment l'année suivante, sous le titre de régiment de Besançon. Celui-ci reçut des drapeaux de couleur aurore.

Ce régiment détacha, en septembre 1768, la compagnie de canonniers Séguin en Corse, et se rendit lui-même en septembre 1769 à Strasbourg, d'où il fut à Grenoble en octobre 1775 et à Metz en janvier 1777. En 1778, le 1er bataillon était à La Fère et le 2e à Douai. Le 1er bataillon, envoyé au Havre en juin 1779, passa l'année suivante en Bretagne, où le 2e bataillon vint le rejoindre au mois de juillet. En 1781, le régiment avait cinq compagnies à Fougères, cinq à Saint-Malo et Saint-Servan, cinq à Morlaix et cinq à Port-Louis et Lorient. Celles-ci s'embarquèrent cette même année sur la flotte de Suffren et allèrent servir dans l'Inde. Les lieutenants Frédy et Georges eurent l'un et l'autre la jambe gauche emportée par des boulets à la bataille de Goudelour, le 13 juin 1783, et tous les deux moururent de leurs blessures.

A la paix, le régiment fut envoyé à Besançon, où

il fut rejoint en 1784 par les compagnies qui revenaient de Pondichéry et de l'Ile de France. Il alla à Auxonne en septembre 1786, à Douai en novembre 1787 et fut appelé en juin 1789 aux environs de Paris. Retourné à Douai après la prise de la Bastille, le régiment de Besançon est le premier corps de l'armée qui ait offert un don patriotique à l'Assemblée nationale. Dès le mois de septembre 1789, il versait 600 livres à la caisse de l'Assemblée.

Il quitta Douai le 1er avril 1791 pour se rendre à La Fère, à cause de quelques troubles dans lesquels un certain nombre de canonniers et de soldats de Vintimille-infanterie s'étaient compromis. Enfin, en 1792, il fut partagé entre les places de la frontière de Flandre et l'armée du Nord. Ses compagnies se distinguèrent aux défenses de Lille et de Valenciennes, et prirent part aux deux conquêtes de la Belgique et à celle de la Hollande.

Le 3e régiment d'artillerie à pied a été commandé, de 1793 à 1815, par les colonels Lobréau, Bouchu et Ricci. Licencié à Toulouse en 1815, un nouveau 3e régiment à pied a été reconstitué l'année suivante, sous le titre de régiment de Valence, avec deux compagnies et demie de l'ancien et des compagnies recrutées parmi les canonniers des départements des Basses-Alpes, du Var, des Hautes-Alpes, de la Drôme et de l'Isère.

RÉGIMENT DE GRENOBLE.

4e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

LIEUTENANTS-COLONELS, CHEF DE BRIGADE ET COLONELS.

1. DE PROISY (N.), 25 février 1720.
2. DE RAGANNE (N.) 22 juin 1720.
3. DE LA PÉRELLE (N.), 6 avril 1725.
4. DE VALANCEAU (Bernard Drohin), 20 février 1733.
5. GAUDECHART D'HENNEVILLÉ (Louis-Antoine), 3 juin 1744.
6. DE FRANSURE (Pierre-René de Villers), 6 janvier 1752.
7. DE MÉNONVILLE (Jean-Baptiste de Wavray), 12 décembre 1754.
8. DE BEAUSIRE (Pierre-Henri), 1er janvier 1759.
9. Comte DE ROSTAING (Philippe-Joseph), 15 octobre 1765.
10. DE MARZY (Jacques Morisot), 1er novembre 1774.
11. DE MONTREQUIENNE (Claude Geoffroy). 1er janvier 1777.
12. D'HANGEST (Louis-Augustin Lamy), 5 avril 1780.
13. DE CAMPAGNOL (Isaac-Jacques de Lard), 1er avril 1791.

Le bataillon de Proisy, en quittant Vienne, se dirigea sur Perpignan et prit bientôt le nom de Raganne. On le trouve quelques années après, sous le

nom de La Pérelle, à Besançon. Devenu Valenceau en 1733, il est appelé cette année à l'armée d'Allemagne, et pendant cette guerre de la succession de Pologne, il sert aux siéges de Kelh, de Philisbourg et de Traërbach.

De 1741 à 1743, il fait partie des armées de Bohême et de Bavière. En 1744, Gaudechart, son nouveau chef, le conduit en Flandre. Après la prise de Furnes, il quitte avec le roi la frontière des Pays-Bas pour aller renforcer l'armée d'Alsace. Il se trouve au combat d'Augenheim et à la prise de Fribourg, et il hiverne en Souabe. Rappelé à l'armée de Flandre en 1746, il combat cette année à Rocoux, l'année suivante à Lawfeld et devant Berg-op-Zoom, et en 1748, il fait le siége de Maëstricht. A la paix, il est envoyé à Strasbourg où il demeure jusqu'à la guerre de Sept Ans. Dans cet intervalle, il porte successivement les noms de Fransure et de Ménonville.

Le bataillon de Ménonville fait partie en 1757 de l'armée du maréchal d'Estrées et se distingue à Haastembeck et à la conquête du Hanovre. Il devient en 1759 la brigade de Beausire et se fait remarquer cette année au combat de Bergen ; le lieutenant Cazerac y est blessé à la jambe. Envoyée à Besançon après cette campagne, la brigade fournit en 1762 un détachement pour le corps auxiliaire expédié par Louis XV au roi d'Espagne en guerre avec le Portugal. Ce détachement rallia la brigade à Grenoble, où elle s'était rendue en 1763. Celle-ci devint en 1765

le régiment de Grenoble, qui eut dans ses drapeaux particuliers deux carrés gorge de pigeon et deux carrés aurore.

Le régiment quitta Grenoble en septembre 1769 pour aller à Auxonne, d'où il passa en 1772 à Besançon et en septembre 1775 à Strasbourg. En juin 1779, le 2e bataillon vint à Metz. En 1781, le régiment avait cinq compagnies à Dunkerque, cinq à Calais, cinq à Douai et cinq à La Fère. Toutes les compagnies furent réunies en 1783 à La Fère et en octobre 1786 le régiment se rendit à Valence. Il y reçut en 1791, comme lieutenant en premier, Napoléon Bonaparte, que l'émigration d'un grand nombre d'officiers allait faire capitaine dès le 6 février 1792 et chef de bataillon dix-huit mois après.

Le 4e régiment d'artillerie à pied a fait les premières campagnes de la révolution sur les Alpes et les Pyrénées, en Corse et devant Lyon et Toulon. Plus tard, le général Bonaparte se souvint de lui et l'emmena en Italie et en Égypte. Il a été commandé de 1795 à 1815 par les colonels Dujard, Niger, Ferveur, Buchet, Ruty, Degennes et Montgenet, et fut licencié à Limoges après la bataille de Waterloo.

Deux compagnies et demie, conservées sur pied, ont servi en 1816 de noyau à un nouveau 4e régiment d'artillerie à pied, qui prit le nom de régiment d'Auxonne, et qui fut complété par un appel des anciens canonniers des départements du Rhône, de la Côte-d'Or, du Doubs, de Saône-et-Loire et de l'Ain.

RÉGIMENT DE STRASBOURG.

5e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

LIEUTENANTS-COLONELS, CHEFS DE BRIGADE ET COLONELS.

1. DE ROMILLEY (N. de Torigny), 25 février 1720.
2. DE MARSAY (N.), 21 août 1738.
3. DE LA BACHELLERIE (N.), 1er septembre 1742.
4. DE RUMBECQUE (Alexandre-Eugène de L'Echaute), 11 février 1743.
5. DE BOURQUEFELDEN (Pierre Barbier), 30 mars 1748.
6. Comte D'AUMALE (Louis-Anne-Antoine), 8 décembre 1755.
7. DE LOYAUTÉ (Arnould), 1er juin 1758.
8. DE CHABRIÉ (Raymond), 1er janvier 1759.
9. DE VILLEPATOUR (Louis-Philippe Taboureau), 8 mai 1759.
10. DE CHAMPAGNÉ (Jean-Baptiste-Gabriel), 15 octobre 1765.
11. Chevalier DE SAINT-MARS (François de Fortmanoir), 19 février 1766.
12. DE LA ROCHEGIRAULT (Jacques François), 5 avril 1780.
13. Marquis DE PUYSÉGUR (Armand-Marcien-Jacques de Chastenet), 25 mai 1788.
14. DE GROMARRE (Jean), 1er avril 1791.
15. DE LAMARTILLIÈRE (Jean Fabre), 7 septembre 1792.
16. DE MONTFORT (Maurice), 30 novembre 1793.

Le bataillon de Romilley prit en 1720 la garnison de La Fère. En 1733, il fut un des trois bataillons du corps royal envoyés à l'armée d'Allemagne. Il servit très-activement au siége de Philisbourg.

En 1741, sous le nom de Marsay, il est à l'armée de Westphalie avec le maréchal de Maillebois; il sert en 1742 en Bohême et en Bavière et rentre en France en juillet 1743. Il s'appelait alors Pumbecque. Il contribua cette même année à la défaite des Autrichiens à Rheinweiler. Il était en 1744 à la reprise de Weissembourg et des lignes de la Lauter, à l'attaque des retranchements de Suffelsheim, au combat d'Augenheim et au siége de Fribourg. Passé en 1745 à l'armée de Flandre, il combattit à Fontenoy et fit les siéges de Tournai, Termonde, Audenaërde, Ostende et Ath. On le trouve en 1746, à la prise de la citadelle d'Anvers, de Charleroi et de Namur. Il passa l'hiver dans cette dernière place, et en 1747 il contribua à la victoire de Lawfeld. En 1748, il servit, sous le nom de Bourquefelden, à la prise de Maëstricht. A la paix, il fut mis en garnison à Grenoble.

En 1757, le bataillon, qui appartenait alors au comte d'Aumale, avait des détachements sur les côtes de la Méditerranée et sa partie principale à l'armée de Soubise. Les capitaines La Roussière et Lecerf furent mortellement blessés à Rosbach. Les capitaines de Bron, Geoffroy, Danthelmy, de Caylus et quatre lieutenants y reçurent des blessures moins graves.

de Custines et, pendant les années suivantes, il continua de servir aux armées du Rhin et de la Moselle.

Ses colonels, depuis Montfort, furent MM. Borthon, Demarçay, Mengin, Gondallier de Tugny, de Carmejane et Hazard.

Licencié à Rochefort en 1815, le vieux 5e régiment d'artillerie à pied fut remplacé en 1816 par un nouveau corps du même titre, formé avec le fond de l'ancien et des canonniers tirés des départements du Bas-Rhin, du Haut-Rhin, de la Meurthe, des Vosges et de la Haute-Saône.

---

mentation, dans un moment où des milliers de malheureux sont dans la plus affreuse misère. Nous voyons de pauvres citoyens se priver du nécessaire pour payer leurs contributions à la patrie. Témoins tous les jours de ces généreux dévouemens, nous en sommes frappés d'admiration et nous croyons que de pareils exemples doivent avoir autant d'imitateurs qu'il y a de bons citoyens. Tant que les soldats romains n'ont eu que le nécessaire et le fer dont ils étaient armés, ils ont été invincibles, et, après la victoire, leur seule récompense était l'épée qu'ils avaient eux-mêmes prise sur l'ennemi. Nous méprisons toute récompense pécuniaire autant que la mort; celui qui en demande se déshonore; celui qui les souffre par son silence se rend coupable. Retirez donc la proposition d'augmenter notre solde, nous ne voulons pas mettre à l'enchère le sacrifice de notre sang et de notre courage. Signés : les sous-officiers et soldats-citoyens du 5e d'artillerie en garnison à Strasbourg. »

L'Assemblée vota l'impression de cette adresse et son envoi aux 83 départements. Quant à la solde, elle était payée en assignats ; on sait ce que cela veut dire. Pendant la campagne de 1793, la solde d'un capitaine, réduite en argent, équivalait à peu près à huit francs par mois.

RÉGIMENT D'AUXONNE.

6e RÉGIMENT D'ARTILLERIE,

LIEUTENANT-COLONEL, CHEFS DE BRIGADE ET COLONELS.

1. DE COSNE (André-Claude), 1er janvier 1757.
2. DE MOUY (Pierre-François Ansard), 1er janvier 1759.
3. DE LOYAUTÉ (Arnould), 20 février 1761.
4. D'INVILLIERS (Louis-Henri Ballard), 7 mars 1761.
5. VERTON DE RICHEVAL (Philippe-Louis), 15 octobre 1765.
6. DE LA MORTIÈRE (Jean-Marie-Antoine Verton), 24 mars 1769.
7. Chevalier DE GERMAY (Amour-Constant de Cirfontaine), 5 avril 1780.
8. QUIEFDEVILLE DE BELMESNIL (François-Charles), 9 mars 1788.
9. DUTOT (Charles-François Daniel), 1er novembre 1792.

Le 6e bataillon de Royal-Artillerie, créé par ordonnance du 1er janvier 1757, fut formé par M. de Cosne, au moyen de détachements de 120 hommes tirés de chacun des cinq premiers bataillons. Dès qu'il fut organisé, on l'envoya en Allemagne, et il débuta à la bataille de Lützelberg en 1758. Le capitaine Dallegrin reçut une gratification de 300 livres pour sa belle conduite dans cette journée. Devenu en 1759 bri-

RÉGIMENT DE TOUL.

7e RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

CHEFS DE BRIGADE ET COLONELS.

1. DE SABREVOIS DE BISSEY (Anne), 8 décembre 1762.
2. DE COSNE (André-Claude), 1er janvier 1763.
3. DE SAINT-MICHEL (Pierre-Auguste de Limosin), 15 octobre 1765.
4. DE COURCY DE LESTANG (Jean-Alexandre Bijeon), 19 février 1766.
5. DE MALAVILLERS (Jean-Georges de Hault), 16 avril 1767.
6. BOUCHARD (Louis-François), 1er novembre 1774.
7. DE BELLEGARDE (Alexandre-Louis Cassière), 9 mai 1778.
8. DE VILLIERS (Joseph), 9 mars 1788.
9. DUPUCH DE GRANGENEUVE (Pierre Morand), 3 juin 1792.
10. VANNOT DE MONTPERREUX (Jean-Baptiste), 8 mars 1793.

La 7e brigade du régiment Royal-Artillerie, créée par ordonnance du 5 novembre 1762 pour le service des colonies, fut organisée à La Rochelle par M. de Cosne, qui avait déjà présidé à la formation du 6e bataillon. Cette brigade ne fut point maintenue

au service des colonies; il y avait alors trois autres brigades attachées à la marine, et il n'était plus besoin de tant de monde pour garder les colonies que la paix de Versailles nous avait laissées. La brigade de Cosne fut donc dirigée en 1764 sur Toul et elle devint l'année suivante le régiment d'artillerie de Toul, dont les drapeaux eurent un carré jaune, un rouge feu et deux cramoisis.

Ce régiment fut envoyé à Strasbourg en septembre 1766 et à Grenoble en septembre 1769. Les compagnies de canonniers des capitaines Bonnay de Renty et Cléry, passées en Corse au mois de septembre 1768, contribuèrent à la pacification de cette île. En septembre 1775, le régiment se rendit à Besançon ; il alla à Valence en juillet 1777, et, en 1778, il avait son 1er bataillon au Havre et le 2e à Besançon. En 1780, le 1er bataillon fut placé à Saint-Lô. En 1781, le 1er bataillon gardait les côtes de Brest et le 2e les côtes de Cherbourg.

A la paix, le régiment de Toul fut réuni à Metz, d'où il passa en octobre 1786 à La Fère, qu'il quitta le 30 mars 1791 pour aller à Douai. Il avait été appelé à Paris en juillet 1789. Comme le 5e, le 7e régiment d'artillerie se distingua par sa discipline et son désintéressement; il refusa de recevoir sa solde en argent. Au début de la guerre, ses compagnies servirent aux armées du Nord et des Ardennes.

Le 7e régiment d'artillerie, qui a été commandé

depuis l'an III par les colonels Legrain, Humbert, Berthier, Dedon aîné, de Bicquilley, Lépin et Colin, fut licencié à La Rochelle en 1815. Son fond est entré l'année suivante dans un nouveau 7ᵉ régiment à pied, qui fut organisé à Bourges, sous le titre de régiment de Toulouse, et dans lequel furent appelés les anciens canonniers des départements de la Gironde, des Landes, du Gers, des Basses-Pyrénées, des Hautes-Pyrénées et de la Haute-Garonne.

RÉGIMENT DES COLONIES.

8ᵉ RÉGIMENT D'ARTILLERIE.

COLONELS.

1. Chevalier DU PUGET D'ORVAL (Edme-Jean-Antoine), 24 octobre 1784.
2. DE SENNEVILLE (Philippe-Joseph-Victoire), 26 août 1787.
3. DESBORDES (Sylvain-François), 13 janvier 1794.

Ce régiment a été créé le 24 octobre 1784 par le département de la Marine, ce qui ne l'empêchait point de compter dans le Corps royal. La plupart des officiers furent tirés de l'artillerie de terre, qui fournit, en outre, au nouveau corps 542 canonniers. Ce régiment qui tenait garnison dans les ports et aux colonies, fut désorganisé par les événements

survenus aux Antilles de 1789 à 1791, et fut réuni le 27 août 1792 à l'artillerie de terre. Il se rétablit à Lorient, prit le n° 8, et fut employé les années suivantes dans les armées du Nord et de l'Ouest.

Il a été commandé sous le Consulat et l'Empire par les colonels Tirlet, Aubry, Digeon et Caron.

Licencié en 1815 à Brest, le 8ᵉ régiment d'artillerie à pied a été reconstitué à Bourges en 1816, sous le titre de régiment de Rennes, au moyen du fond de l'ancien régiment et de compagnies de canonniers levés dans les cinq départements de la Bretagne et dans celui de la Manche.

Nous avons pu donner pour chaque régiment d'infanterie, les états de service des officiers parvenus aux grades élevés de l'armée, au fur et à mesure que leurs noms se présentaient. Cette manière de procéder était inapplicable à Royal-Artillerie. On fera, d'ailleurs, attention que le corps se composait d'un état-major et des troupes, et que les officiers de ces deux fractions pouvaient passer de l'une à l'autre et concouraient ensemble pour l'avancement aussi bien que pour le service.

Nous avons pensé qu'il était préférable de substituer aux notes, dont nous avons jusqu'ici entremêlé le texte, un état général des officiers de l'ancienne

artillerie entrés au service avant 1794 et qui ont dépassé le grade de colonel, et de terminer l'histoire du régiment Royal de l'Artillerie par cet état, qui servira en même temps à apprécier la marche ascendante du corps pendant les deux derniers siècles. On remarquera que les promotions d'officiers d'artillerie correspondent particulièrement aux époques critiques.

ESSAI

SUR LES

PROJECTILES ALLONGÉS

Par THIROUX chef d'escadron d'artillerie.

(TROISIÈME ARTICLE).

Nous avons vu précédemment que le balancement des projectiles allongés, combiné avec leur vitesse de rotation faisait que la partie antérieure du mobile décrivait une spirale. Or, on conçoit que dans les oscillations coniques que fait la pointe de la balle, les surfaces latérales exposées à l'action de la résistance de l'air dépendent de la grandeur de ces mêmes oscillations, tout autant que de l'acuité de la pointe, il pourrait même arriver que l'allongement de celle-

ci, en augmentant l'étendue des oscillations, produisît un accroissement dans les surfaces opposées à l'action de la résistance de l'air; ceci rend compte, ce me semble, d'un phénomène assez remarquable, qui consiste en ce que, passé certaines limites, et pour des projectiles homogènes, l'allongement de la pointe du mobile ne procure aucune augmentation dans les portées. Il semblerait résulter des expériences de Vincennes que la pointe de la balle ogivale pleine, actuellement en service, approche beaucoup de la limite d'acuité la plus avantageuse; telle était du moins l'opinion de M. le capitaine d'artillerie Tamisier, il y a quelques années.

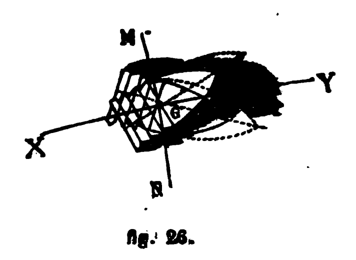


fig. 26.

En définitive, la résistance de l'air doit être proportionnelle à l'étendue des surfaces exposées à son action, projetées sur un plan MN perpendiculaire à sa trajectoire xy.

On voit donc, que si l'allongement de la pointe semble favoriser le mouvement du projectile en diminuant l'angle d'incidence des filets fluides ; d'un autre côté, les oscillations coniques du projectile viennent augmenter la surface latérale exposée à l'action de la résistance du milieu, c'est-à-dire la projection des surfaces sur le plan MN. Il doit donc y avoir un certain rapport à établir entre l'allongement de la pointe, les vitesses de translation et de rotation du mobile, la longueur de celui-ci et la surface des cannelures qui déterminent l'amplitude des oscillations. Rapport parfaitement établi dans la balle ogivale pleine actuellement en usage, et dont le tracé est dû à M. Tamisier.

La position du centre de gravité est fort importante à considérer ; ainsi, un mobile dont le centre

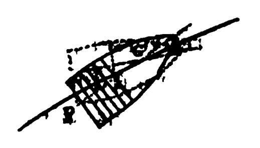


fig. 27.

de gravité G serait tout près de la pointe éprouverait un mouvement d'oscillation moins important quant

aux effets retardateurs de la résistance de l'air. Ici les cannelures devraient être peu sensibles, l'action du milieu tendant toujours à replacer la pointe de la balle sur la trajectoire avec un bras de levier proportionné à PG.

Au contraire, plus le centre de gravité sera loin de la pointe, plus les excursions de celle-ci acquerront d'amplitude, plus la résistance totale que l'air oppose au mouvement deviendra considérable et plus les cannelures devront présenter de surface pour empêcher le renversement du projectile.

D'où l'on doit conclure, qu'une position bien calculée du centre de gravité, peut permettre de diminuer l'acuité de la pointe de la balle, sans que la résistance de l'air soit accrue.

Les mobiles, dans lesquels le centre de gravité se trouve près de la pointe, jouissant des mêmes propriétés que les flèches, n'ont pas besoin d'être animés d'une grande vitesse de rotation pour être maintenus suivant la trajectoire. Comme ils ne sont point exposés à se renverser, la vitesse de rotation qu'on doit leur donner ne doit avoir pour objet que de corriger les imperfections qu'ils peuvent présenter et qui pourraient devenir sans cela une cause de déviation plus ou moins efficace.

Il semble résulter de là, que l'emploi des pointes aiguës exige que le centre de gravité du mobile soit à sa partie antérieure, et que la vitesse de rotation soit d'autant plus faible, que le mobile sera

plus allongé. Je suis porté à conclure, que le maximum d'acuité de la pointe et de longueur du projectile entraîne la suppression complète du mouvement de rotation, et conduit par conséquent à la flèche.

Le sens de la dérivation dépend de la position du centre de gravité. En portant le centre de gravité en avant, la dérivation a lieu en sens opposé. On conçoit en effet que la résistance de l'air, agissant très-énergiquement sur la partie postérieure du mobile, produirait une action d'autant plus considérable, que la distance PB, figure 27, serait plus grande. La résistance de l'air ayant pour effet de porter la queue du projectile à gauche dans la branche ascendante de la trajectoire et à droite dans la branche descendante, il se passera ici quelque chose d'analogue au mouvement des fusées volantes, qui marchent sur le vent par suite de la direction que celui-ci imprime à leur queue. Ainsi donc, les balles, dont le centre de gravité sera près de la pointe, dériveront à droite dans la branche ascendante de la courbe et à gauche dans la branche descendante, c'est-à-dire en sens contraire des balles indiquées à la figure 11.

En définitive, la dérivation est due à ce que l'action de la résistance de l'air n'est pas la même de chaque côté du plan de tir, soit en avant, soit en arrière du centre de gravité. Le sens de la dérivation dépend donc de la position de l'axe de rotation du

mobile, du sens de la rotation et de la position du centre de gravité.

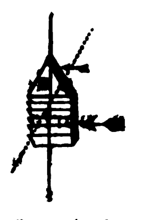


fig. 27 bis.

Les balles ogivales pleines donnant des portées de plus de 1200 mètres et un tir très-exact jusqu'à la distance de 1000 mètres, il semblait que le problème du perfectionnement des armes à feu portatives était complétement résolu. Mais on reconnut bientôt que le forcement était long et difficile, surtout en cas de presse ; que, quand il n'était pas complet, la balle se mouvait en travers et n'avait ni justesse ni portée, que l'entretien de l'arme était difficile et exigeait un outillage dispendieux et d'un assez mauvais service.

D'ailleurs, le forcement de la balle ayant toujours lieu au même endroit, la percussion de la baguette et la pression du plomb doivent, au bout d'un temps plus ou moins long, émousser le sommet de la tige et évaser le canon, de sorte que le forcement doit devenir de plus en plus difficile. Il faudrait peut-être

pour remédier à cet inconvénient, que la tige portât une embase du diamètre du canon et un pas de vis assez long, pour qu'on pût exhausser le sommet de la tige par une interposition graduelle de rondelles, de plus en plus épaisses, entre le bouton de culasse et l'embase.

Dans le cas où le canal de lumière serait obstrué par cette disposition, il serait facile de le rétablir par un coup de forêt.

On pourrait peut-être exhausser la tige par une partie rapportée à vis. Cette disposition, plus simple que la première, serait beaucoup moins coûteuse et peut-être aussi bonne, du moins pour un certain temps.

Depuis plusieurs années, j'avais pensé que l'inertie des projectiles pouvait servir à les forcer dans l'âme des armes à feu.

On conçoit que si, pendant que la masse principale du mobile résiste en vertu de son inertie, une partie plus légère, et par conséquent plus tôt mise en mouvement, glisse sur le mobile ou y pénètre et en détermine le forcement; le problème est résolu, non-seulement pour les armes à feu portatives, mais pour les bouches à feu. C'est dans ce sens que j'écrivais dans le *Journal des Sciences militaires*, n° 67, (1845), 23e volume de la 3e série...... p. 106 et suivantes :

« Je pense qu'il serait facile de mettre à profit la
« force d'inertie du projectile pour obtenir dans les
« canons ce qu'on obtient par la percussion dans

« les armes portatives ; » et après avoir proposé différents modèles de boulets, dont les diverses parties en jouant l'une sur l'autre produisent le forcement, je termine en disant : « Au surplus, le principe que « nous venons de poser étant adopté, quelques es« sais feraient connaître bien vite la manière la « plus avantageuse de l'appliquer. »

Ayant eu occasion de voir plusieurs fois M. le capitaine d'artillerie Tamisier à Vincennes, quelque temps après la publication de ce document, je lui parlai de nouvelles balles construites d'après cette méthode ; mais cet habile officier, préoccupé de ses propres idées et des beaux résultats qu'il obtenait avec les balles allongées pleines, n'adopta pas mes idées.

Je ne connais aucun ouvrage d'artillerie ou militaire quelconque, antérieur à 1845, où la force d'inertie ait été indiquée comme moyen de forcement; en sorte que je crois être le premier auteur militaire qui ait formulé positivement, que l'inertie de la matière pouvait être employée au forcement de toute espèce de projectiles dans les armes rayées.

La balle à culot, dont le tracé est dû à M. Minié, est une application du principe que nous venons de poser; cette balle a 17mm,2 de diamètre et 29 millimètres de hauteur, dont 16 millimètres pour la partie cylindrique, figure 28. Cette même partie présente trois cannelures arrondies et un vide conique destiné à recevoir un culot en tôle de 1 millimètre

d'épaisseur. Le poids de la balle est de 50 grammes, dont 2 pour le culot ; la charge de poudre est de 5 grammes.

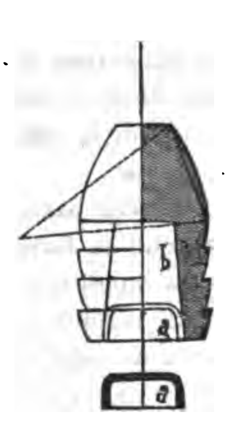


fig. 28.

L'effet de cette balle est facile à comprendre. Pendant que le mobile résiste en vertu de son inertie, le culot *a* qui est fort léger, recevant l'action des gaz, se met en mouvement, s'enfonce dans le vide *b* et détermine le forcement de la balle, à l'instant même où le coup part.

La balle étant fondue par la pointe, celle-ci est terminée par une section plane de 6 millimètres de diamètre, provenant de la suppression du jet. Nonobstant cette forme peu favorable, la balle à culot donne à

peu près les mêmes résultats que la balle ogivale pleine, ce qui tient à ce que la balle à culot étant creuse et ayant, en vertu de son tracé, son centre de gravité plus près de la pointe que la balle pleine, les oscillations de la pointe conique ont moins d'amplitude dans la balle à culot que dans la balle pleine ; il s'établit donc ainsi une compensation dans les effets de la résistance de l'air sur les deux balles, compensation qui me paraît résulter de la différence de position de leur centre de gravité.

Par suite de l'emploi de cette balle, la tige devient inutile, la baguette reprend sa forme ordinaire, le chargement devient aussi rapide que celui du fusil. Enfin cette balle peut être employée dans toute espèce d'arme quelconque, mousqueton, pistolet.....

J'ai remarqué que le jeu de cette balle n'était pas parfaitement assuré, qu'il arrivait rarement que le culot s'enfonçât dans le vide de la balle, ce qui tient à ce que le plomb est trop épais, et à ce que la pression du gaz qui s'échappe par le vent comprime le haut de la balle, la serre sur le culot, en sorte que celui-ci ne peut plus jouer dans le vide conique de la balle et produire un forcement exact ; il arrive même souvent que la pression dont nous parlons, fait sortir le culot de la cavité de la balle et que ce culot reste dans le canon du fusil. Un culot dont le fond serait à angles vifs serait bien moins sujet à se détacher. Une culasse à chambre serait avantageuse pour cette espèce de balle, en ce que les gaz agissant

presque exclusivement sur le culot, dans les premiers instants, en détermineraient l'enfoncement complet dans le projectile.

Telle est la fécondité du principe de l'inertie que la balle, dite à culot, se force d'elle-même et sans culot. Il est à croire que les gaz qui s'échappent par le vent, c'est-à-dire entre le canon et la balle, pressent celle-ci assez fort contre le canon pour qu'elle puisse prendre l'empreinte des rayures avant de se mettre en mouvement ; en sorte que les balles tirent presque aussi juste sans culot qu'avec le culot. Toutefois le culot est nécessaire pour donner de la résistance aux balles et empêcher qu'elles ne se déforment dans les transports.

Les balles dont j'avais parlé à M. le capitaine Tamisier, avaient beaucoup moins d'épaisseur à leur base que celles de M. Minié, elles étaient plus allongées et ne pesaient que 30 grammes. Leur tampon était en bois dur, et l'arme destinée à les lancer était à culasse à chambre comme la carabine, modèle 1842.

Il résulte de ce qui précède, que dans la balle à culot, le vent est le principe du forcement ; un vent trop faible deviendrait donc insuffisant. Le tir dont il s'agit n'est donc plus un tir à balle forcée, mais un tir à balle libre, analogue au tir de la balle ordinaire, sauf sa forme allongée et la puissance de ses effets.

Les anciennes carabines anglaises se rapportent au tir carabiné sans forcement.

Le canon des carabines anglaises présente deux rayures diamétralement opposées A, B, qui donnent

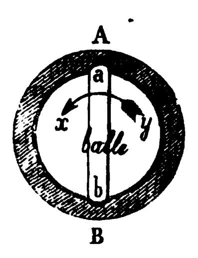


fig. 29.

le mouvement de rotation à la balle. A cet effet, la balle présente une ceinture, espèce de cordon circulaire *ab*, placé suivant un de ses grands cercles et approprié aux dimensions des rayures, avec un certain vent, afin de permettre à la balle de glisser facilement au fond du canon, figure 29.

Le mouvement de rotation de la balle a lieu dans le sens *xy*, mais la forme du projectile est peu avantageuse. Une balle allongée à deux ailettes, s'engageant dans les rayures du canon, serait d'un excellent service, en calculant la longueur et le poids de cette balle, de manière à atténuer sa dérivation. Le défaut de ces carabines, c'est l'encrassement des rayures et les tâtonnements que nécessite le placement de

la balle. La balle à culot, dont le chargement ne présente aucune difficulté, est de beaucoup préférable à celle à ailettes qui donne à peu près les mêmes résultats, quant aux effets du tir.

Les résultats que donnent les balles à culot semblent démontrer que le forcement des balles n'est pas indispensable pour la précision du tir, et que si le projectile a, par sa construction, le degré de stabilité nécessaire, il se rétablit de lui-même dans sa position normale et se meut régulièrement, nonobstant les inconvénients du vent, tandis que le forcement le plus parfait ne peut pas empêcher la dérivation et le renversement du projectile, quand celui-ci n'est pas dans de bonnes conditions.

Il semblerait que la balle à culot fût la vraie solution du problème des armes à feu portatives; mais la balle à culot pesant 50 grammes et la poudre 5 grammes, il en résulte que la cartouche devra peser 5 grammes au lieu de 36 que pèse la cartouche ordinaire. De là résulte le grave inconvénient de l'augmentation du nombre des voitures de transport. Ainsi le nombre des caissons nécessaire étant de 360, pour une quantité déterminée de cartouches ordinaires, il en faudrait 550 pour transporter le même nombre de cartouches à culot, ce qui n'est pas admissible.

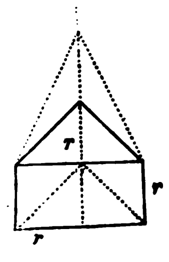
Un autre inconvénient également très-grave, c'est l'affaiblissement des charges par suite du transport, soit dans les caissons, soit entre les mains du soldat, avec une charge de 4 gr. ½ à 5 grammes, c'est-à-

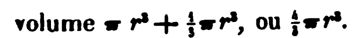
dire de $\frac{1}{10}$ du poids du projectile ; il est permis de douter qu'on obtiendra toujours à la guerre ces belles portées de 7 à 800 mètres et même 1,000, qu'on obtient dans les écoles de tir.

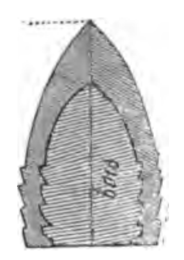
Je pense qu'un projectile militaire, destiné à être lancé par une arme à feu portative, doit peser 25 à 30 grammes et être lancé avec une charge de 6 à 7 gr. ; par ce moyen, on obtiendra une trajectoire plus rasante, de plus grandes vitesses, de plus grandes portées et plus de certitude dans les effets, les balles agissant en vertu de leur force vive. De plus, une charge de 6 à 7 grammes présente une masse de poudre assez grande pour conserver assez de force dans les cas les plus défavorables, et nonobstant les conditions atmosphériques les plus désavantageuses.

Aujourd'hui que les procédés mécaniques ont fait tant de progrès et que la capsule qui sert à amorcer les armes, est un produit d'art si compliqué, on est conduit à se demander pourquoi la balle, qui est infiniment plus importante que la capsule, ne serait pas l'objet d'un travail difficile et minutieux, s'il était démontré qu'il doit résulter de cette complication de grands avantages dans le service. Un projectile formé d'un sabot en bois dur, revêtu d'une enveloppe en plomb, façonnée à l'aide de poinçons mécaniques et de matrices, ne pèserait pas plus de 30 grammes et prendrait le mouvement de rotation par l'effet même du vent du projectile. Cette balle, étant soute-

nue par son noyau en bois, ne se déformerait presque pas dans les transports, figures 29 et 30. La charge étant portée à 6 gr.00, le poids de la cartouche serait de 36 grammes comme celui de la cartouche ordinaire. Le pas de l'hélice du canon de l'arme destinée à lancer cette balle devrait être de 3 mètres environ.







fig, 29. fig. 30.

La facilité avec laquelle on étire le plomb en tuyaux pourrait peut-être favoriser beaucoup la fabrication de ces balles, et permettre d'en améliorer les formes et le centrage sans en augmenter le poids.

On trouve dans le *Journal des Armes Spéciales* 1848, et dans mes réflexions et études sur les bou-

ches à feu de siége, place et côte (Corréard 1849), la description de balles à noyau en bois dur, fondues par la pointe. Ces balles du poids de 27 grammes étaient parfaitement centrées et susceptibles de se forcer par l'explosion de la charge.

La suite au prochain nnméro.

COMPTE RENDU.

SIÉGE DE ROME

PAR L'ARMÉE FRANÇAISE EN 1849.

Journal des opérations de l'artillerie et du génie, publié avec l'autorisation du Ministre de la Guerre, en 1851.

S'il est une étude intéressante et instructive pour un militaire en temps de paix, c'est à coup sûr l'étude du siége d'une place de guerre. Mais nous ne craignons pas d'affirmer qu'au nombre des siéges faits depuis la paix de 1815, il n'y en a pas eu de plus digne de fixer l'attention des ingénieurs que celui de Rome en 1849. Celui de la citadelle d'Anvers, en 1833, présentait des incidents fort dignes d'intérêt; toutefois, si la citadelle était défendue avec habileté et avec toutes les ressources de l'art de la guerre, elle était attaquée par une armée nombreuse et pourvue d'un matériel de siége formidable. A Rome, au contraire, si la plupart des chefs manquaient d'expérience, l'armée romaine comptait environ 30 mille soldats et près de 100 bouches à feu, tandis que l'armée française, déjà inférieure à la garnison de la ville qu'elle attaquait, avait à peine le matériel nécessaire pour faire un siége régulier, et cependant, comme on le verra plus loin, le commandant en chef du génie jugea avec l'habileté qui le distingue qu'il fallait, pour éviter les longueurs et les chances douteuses d'une guerre de rues et de barricades, attaquer une position tellement dominante que sa prise

amènerait un dénoûment immédiat, c'est-à-dire qu'il fallait « *prendre*, comme on dit, *le taureau par les cornes* .» Ainsi donc, supériorité dans le personnel et dans le matériel des assiégés sur les assiégants, détermination d'un point d'attaque particulier, difficile, tels sont les caractères généraux qui recommandent l'étude du siége de Rome à l'attention des ingénieurs militaires de tous les pays.

On sait que, d'après les principes généralement adoptés, et à moins que l'armée assiégeante ne soit couverte par une armée d'observation, elle doit être quatre, cinq ou six fois aussi nombreuse que la garnison de la place assiégée; la cavalerie à raison de 1/10e de l'infanterie, l'artillerie de siége à raison de 4 pièces par mille hommes, sans compter les pièces nécessaires pour les batteries de brèche et les batteries de campagne.

En partant de ces bases, qui ont été généralement suivies dans les guerres des trois siècles derniers, et en tenant compte de la force de la garnison romaine, qui était d'environ 22,000 hommes sans compter la garde civique, il s'ensuit qne l'armée française eût dû être d'environ 88,000 hommes dont :

66,000 d'infanterie,
12,000 cavalerie,
7,500 artillerie,
2,000 génie,
800 trains des équipages,

et au moins 350 bouches à feu.

Mais, outre que l'on comptait sur une faible résistance de la part de la garnison, on n'ignorait pas que la partie fortifiée de la ville, qui s'étend de la porta Portese à la porta Castello, ne présentait que vingt-deux fronts bastionnés irréguliers, dépourvus d'ouvrages extérieurs et peu propres à une résistance prolongée. Telles furent sans doute les considérations qui déterminèrent le gouvernement français à n'envoyer à Rome que des forces numériquement peu considérables, puisqu'elles n'étaient encore que de 22,000 hommes le 22 mai, de 25,000 le 15 juin, et et que le 30 juin seulement. jour de l'entrée dans Rome, elles avaient acquis le chiffre de 30,000 hommes et 3,000 chevaux.

Quant à l'artillerie, l'armée n'eut à sa disposition du 28 mai au 9 juin que 18 bouches à feu, du 9 juin au 21 elle put en ajouter 4 nouvelles, et du 21 au 30 elle avait en batterie 44 bouches à feu dont :

8	canons	de 24,
18	id.	de 16,
4	obus.	de 22 c.
2	mortiers	de 27 c.
6	id.	de 22 c.
6	id.	de 15 c.

Ces préliminaires une fois posés, nous allons essayer de signaler brièvement les caractères particuliers de la *tactique obsidionale*, si l'on veut nous passer ce mot, employé à Rome par le commandant du génie français,

Si on jette les yeux sur la carte n° 2 qui accompagne le journal du siége, on y verra que le terrain des attaques s'élève en pente à partir de la droite de la première parallèle jusqu'au pied de l'escarpe des fronts 6 — 7, 7 — 8. Il descend ensuite brusquement en arrière des terre-pleins des bastions vers S. Cosimato et se relève entre les deux branches de l'enceinte d'Aurélien qui viennent se réunir derrière la courtine 8 — 9, pour former la colline de Saint-Pierre in Montorio. La cote 193,7, représentant l'étiage du Tibre, et la cote 110,1 l'horizontale du plan passant par le saillant du n° 9. Voici les cotes des principales parties des fronts attaqués et des batteries de l'assiégé.

Bastion n° 7 au saillant, cote 121 6
courtine 7, 8, cote 117
Bastion n° 8 saillant, cote 107
id. n° 9 id. cote 110
Batteries de Saint-Pierre in Montorio, cote 125
127 134
id. de l'enceinte d'Aurélien, cote 133
id. de Montagnola, cote 106

Voici maintenant les cotes en quelques-uns des points principaux, des parallèles et des batteries de l'assiégeant :

1re parallèle, 140 130
2e id. 130 122 120
3e id. 134 130 124
4e id. 130 128 126 124 122 120 116 114
5e id. 124

Batteries	n° 1	132
id.	n° 2	140
id.	n° 3	124
id.	n° 4	128
id.	n° 5	120
id.	n° 6	118
id.	n° 7	120
id.	n° 8	128
id.	n° 9	120
id.	n° 10	120
id.	n° 11	118
id.	n° 12	119,40
id.	n° 13	113,20
id.	n° 14	114

Avec ce tableau sous les yeux et surtout avec la feuille n° 2 du *journal*, on comprendra mieux la difficulté extrême des travaux de tranchée que l'assiégeant a dû exécuter soit pour parvenir à couvrir la place, soit, une fois logé sur les brèches, pour s'y maintenir et se rendre maître des hauteurs d'où il pouvait plonger. La première parallèle a été tracée, à ce qu'il nous semble fort habilement pour que son tracé commencé à partir du point où l'enceinte se replie vers la porta Portese ne fût pas en prise à l'enfilade et aux coups de revers de l'enceinte. C'est sans doute pour suppléer à cela que les assiégés construisirent les batteries de S. Alexis, de S. Saba et du Ressaccio. La première, bien qu'à une distance d'environ 1400 mètres de la batterie française n° 1, et construite sur un sol plus bas de 20 mètres environ que cette der-

nière, la contraignit néanmoins de se taire, dans les premiers jours du siége, ainsi que la batterie n° 2.

Les tranchées se rapprochant des fronts 6 — 7 et 7 — 8 diminuèrent les fâcheux effets de ces trois batteries de l'assiégé. On remarquera que les cheminements n'ont eu lieu sur aucune capitale; le plan d'attaque n'a été astreint à aucune marche routinière; et si l'on étudie avec soin le journal du siége, on y verra que les travaux du génie ont été guidés par un plan d'opérations simple et logique, à savoir préparer des boyaux de communications du grand dépôt de tranchée à l'emplacement choisi pour les batteries de l'attaque. Cet emplacement une fois choisi et mis en rapport de circulation avec les parallèles, on les livrait à l'artillerie pour la construction et l'armement de ces batteries.

Le but à atteindre étant d'ouvrir le front 6 — 7, de s'y loger par les brèches faites aux deux places des bastions collatéraux, puis, par un mouvement de conversion à gauche, de marcher vers le point de jonction des deux enceintes d'Aurélien qui a lieu en arrière de la porte S. Pancrazio, tandis qu'on menacerait l'ennemi de le tourner par le bastion n° 9; les opérations du génie étaient nécessairement subordonnées aux progrès des batteries de l'attaque dans leur œuvre de démolition. — Il y a plusieurs remarques intéressantes à faire sur les opérations de l'artillerie.

Dans les derniers temps du siége, l'armée a pu disposer à la fois de 40 bouches à feu; on en a in-

stallé 58; mais sur ces 58, 18 ont été reprises à des batteries précédemment armées et dont l'utilité avait cessé. Du 26 au 27 juin, quand les batteries 11, 12, 13, 14, 10 et la batterie de mortiers n° 5 ont commencé la grande lutte à coups de canon contre les batteries romaines de Saint-Pierre in Montorio, celles de l'enceinte aurélienne et enfin celles de Saint-Alexis, qui étaient armées d'environ 29 pièces; l'artillerie française a pris la supériorité au bout de 12 heures avec 26 bouches à feu, dont 4 petits mortiers de 15 c. En outre toutes ces batteries avaient à exécuter un tir de bas en haut contre celles de l'ennemi, ce qui est une condition généralement défavorable; l'artillerie française a donc encore soutenu dans cette circonstance sa vieille réputation.

On observera que les obusiers de 2 c. ne paraissent pas avoir été d'un bien grand secours aux assiégeants. Il est vrai que sur les pièces mises hors de service, il y en a eu 4 de 24 et 1 de 16, mais c'est à la suite d'un tir très-prolongé, car la moyenne des coups tirés par les premières a été de 616, et de 346 pour les pièces de 16.

Les obusiers de 22 c. n'ont tiré en moyenne que 60 coups, et sur les 4 qui composaient le parc de siége, il y en a eu un qui a brisé la flèche de son affût le 13 juin dans la batterie n° 6, sous la charge de 2 kil. La distance de l'objet à battre était de 600 mètres environ; on a été obligé de réduire la charge à 1 kil. 50 et même de ralentir son feu considérablement. Un autre obusier de 22 c. a cassé son affût le 20 juin dans la batterie n° 10 sous la charge de

1 kil. seulement, la distance de l'objet à battre était alors de 500 mètres environ.

Voilà donc sur 4 obusiers, la moitié des pièces mise hors de service à la suite d'un tir assez modéré. Nous livrons ces remarques aux officiers d'artillerie; peut-être ne serait-il pas inutile de soumettre cette bouche à feu à une série d'expériences nouvelles avant que de l'admettre definitivement au nombre des pièces destinées à composer l'équipage de siége réglementaire dont l'aide-mémoire pour l'artillerie, chap. X, page 288, offre le tableau, et dans lequel les obusiers de 22 c. sont portés au chiffre de 40 sur 162 bouches à feu de différents calibres (1).

L'artillerie française a tiré, en 1849, contre les remparts de Rome 9,800 coups de canon et 3,400 bombes ou obus.

En 1832, elle avait établi contre la citadelle d'Anvers 25 batteries présentant des emplacements pour 172 bouches à feu, et tiré contre ses murailles 64,592 projectiles dont 20,000 bombes.

Baron MAURICE DE SELLON.
Capitaine du génie dans l'état-major de la Confédération suisse.

---

(1) En 1832, l'équipage de siége réuni contre la citadelle d'Anvers se composait de :

Canons de	24 (bronze)		32	fer 6.
id.	de 16	id.	26	
Obusiers de 8po.	(22 c.)	id.	12	
id. de	(20 c.)	id.	8	
Mortiers de	27 c.	id.	10	
id. de	29 c.	id.	30	
Pierriers de	29 c.	id.	6	
Mortiers à la Cohorn de	13 c.	id.	18	
1 Mortier de	0m, 60 c.	id.	1	
			143	6

Total, 149 bouches à feu.

JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

ESSAI
SUR LES
PROJECTILES ALLONGÉS

Par THIROUX, chef d'escadron d'artillerie.

(SUITE DU TROISIÈME ARTICLE).

Dès les temps les plus anciens, on avait reconnu les avantages que présentaient les projectiles allongés sur les projectiles globulaires ; ainsi l'arc paraît-il à peu près aussi ancien que la fronde. Dans l'origine des bouches à feu, on employait souvent pour projectiles de grosses flèches de fer appelées carreaux. Ainsi Froissard dit qu'en 1340, « les François s'étant « approchés du Quesnoy, on les fit retraire ; car « ceux du Quesnoy décliquèrent canons et bombar- « des qui jetaient de grands carreaux... »

En 1382, au passage de la Lys, le connétable ordonna aux arbalétriers de tirer sur les Flamands qui étaient de l'autre côté. « A donc vinrent arbalétriers « et gens de pied avant ; et si en y avoient aucuns « qui jetoient de bombardes portatives et qui lan- « çoient grands carriaulx enpennés de fer, et les fai- « soient voler outre le pont, jusqu'à la ville de « Commines. »

On voit donc que les projectiles dont il s'agit ici, étaient de véritables flèches et qu'ils avaient des portées considérables. Plus tard, le peu de vitesse

de ces projectiles les fit abandonner et remplacer par des carreaux ou flèches courtes tout en fer.

Ces projectiles, dont la construction était très-mal entendue, frappant toujours le but en travers et n'ayant aucune justesse dans leur tir, furent bientôt abandonnés et remplacés par des projectiles sphériques.

Tous les essais tentés depuis pour lancer des projectiles oblongs avec des bouches à feu avaient toujours échoué ; on trouve dans Saint-Rémy la description des boulets allongés creux, que cet auteur affirme être d'un très-mauvais service. Plus tard, le célèbre Hutton essaya, sans plus de succès, de tirer des boulets allongés, dans ses expériences au pendule. Enfin on essaya à Metz, vers 1832, de tirer des obus allongés qui ne donnèrent que de mauvais résultats.

Depuis que je m'occupe d'artillerie, j'ai toujours considéré la flèche comme le type des projectiles destinés à être lancés par les armes à feu ; aussi trouve-t-on cette idée formulée dans la première édition de mon cours (1837)...

Pour qu'un projectile, lancé par une arme non rayée, conserve sa stabilité, il faut que son centre de gravité soit aussi près que possible de la pointe et qu'au contraire le centre de la résistance de l'air soit aussi près que possible du derrière du projectile. Les pennes que présentent les flèches, produisent évidemment cet effet et maintiennent toujours la pointe du côté du but.

Je suis arrivé à lancer avec le fusil non rayé des projectiles formés d'une pointe en plomb ou en fer et d'un

corps en bois, figure 31. Ces projectiles étaient de véritables flèches et se mouvaient comme celles-ci, la pointe en avant.



fig. 31.

Dans mon *Conrs de balistique*, imprimé en 1842, on trouve l'indication d'une balle de cette espèce, avec une pointe métallique à hélices très-larges, destinée à faire servir la résistance de l'air à imprimer le mouvement de rotation à la balle, fig. 2, planche 2.

Je crois avoir remarqué que les flèches éprouvent dans l'air un mouvement de balancement d'autant plus marqué qu'elles sont plus courtes, et que leurs pennes sont plus volumineuses.

Ce balancement qui peut, dans certains cas, amener le renversement du projectile, paraît avoir été observé dès les temps les plus anciens; aussi voit-on les meilleurs tireurs d'arc s'attacher à avoir des flèches très-longues et très-minces.

Une des plus grandes difficultés que présentent les projectiles allongés, c'est de déterminer le rapport qui doit exister entre la hauteur de la pointe conique et celle de la partie cylindrique, dont la hauteur doit être assez grande pour que le mobile ne se renverse pas dans le canon.

Vers 1832, ayant lancé quelques projectiles coniques cylindriques avec le fusil de rempart, modèle 1831, j'avais reconnu que les balles devaient présenter un cylindre d'autant plus court, que le cône était plus allongé. Je suis même arrivé à lancer avec succès un simple cône, en plaçant en arrière un bouchon de liége. Plus tard, j'ajoutai au cône un sabot en bois dur et j'obtins un but en blanc de 400 mètres au lieu du but en blanc ordinaire de 180 à 200 mètres que donnait la balle sphérique.

Ce qui nuisit au succès de ces expériences fut l'emploi de charges trop fortes, et le petit nombre de coups tirés.

Quelques années plus tard, ayant eu occasion de voir MM. Tamisier et Minié, un peu avant l'essai des balles coniques cylindriques de M. Delvigne, je leur fis part de ce que j'avais observé dans les essais que j'avais entrepris à mes frais à Saint-Cyr; j'insistai sur la nécessité de diminuer la hauteur de la partie cylindrique de la balle, de n'employer que de faibles charges et d'apporter le plus grand soin dans la fabrication des projectiles.

Plus tard, M. Tamisier donna dans ses cours une démonstration théorique, à l'aide de laquelle il fit voir que, pour les projectiles allongés, les cônes les plus allongés répondent aux cylindres les plus courts, et réciproquement; il fit voir l'utilité des cannelures pour maintenir le projectile dans la direction du but. Il est à regretter que ce savant officier n'ait pas atta-

qué ce problème d'une manière plus générale, et qu'il n'ait pas considéré le cas où le mobile n'est pas homogène.

Nous allons donner ici, au lieu de la démonstration graphique de M. Tamisier, le calcul algébrique élémentaire à l'aide duquel nous avons déterminé les dimensions de quelques-uns des projectiles que nous avons lancés avec le fusil de rempart.

Lorsqu'un mobile cylindrique conique se meut suivant son axe, la résistance qu'oppose un filet fluide

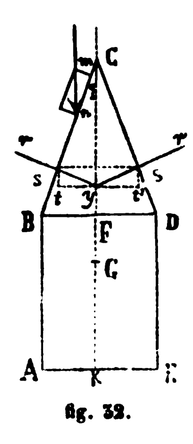


fig. 32.

mn, se décompose en deux forces : l'une *mq* perpendiculaire à la génératrice correspondante BC et l'autre *qn*, dirigée suivant cette même génératrice ;

or, cette dernière force ne pouvant produire qu'un frottement sera négligeable dans l'air.

On peut considérer le cône comme formé d'un nombre infini de facettes triangulaires ayant leur sommet commun au point C. L'action de la résistance de l'air sur chacune de ces facettes se réduira à une résultante *rs*, appliquée au centre de gravité du triangle élémentaire (situé, comme on sait, au tiers de la longueur du côté CB). L'ensemble de toutes ces résultantes formera un cône dont le sommet sera en *y*. Les génératrices de ce cône seront perpendiculaires à celles du cône BCD ; sa base sera le cercle *ss'* résultant d'une section faite au tiers de la hauteur, à partir de la base. Le point *y* sera le centre de la résistance de l'air.

La résistance de l'air sur deux génératrices diamétralement opposées, produira deux forces égales *yt*, *yt'*, qui, étant directement opposées, se détruiront mutuellement, et deux composantes verticales qui s'ajouteront. Toutes les composantes latérales se détruisant deux à deux, il ne restera plus que les composantes parallèles à CF dont l'ensemble constituera la résistance que le projectile éprouvera.

Quant à l'action sur le cylindre, elle se réduira à un simple frottement, dont on fait abstraction dans la théorie de la résistance de l'air.

La résistance directe est égale à la projection de la surface convexe du cône sur un plan perpendiculaire à la direction du mouvement, multipliée par

une fonction I. du sinus de l'angle d'incidence (article premier).

De légères différences dans la valeur du sinus de l'angle d'incidence déterminent des changements très-notables dans la valeur de I; du moment où certaines parties du mobile sont choquées sous un plus grand angle que d'autres, elles éprouvent une résistance bien plus considérable.

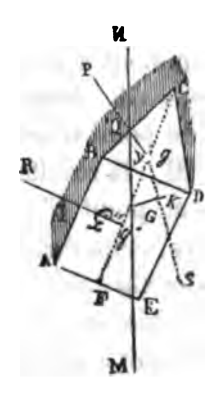


fig. 33.

Tant que l'axe du mobile est dirigé suivant la tangente à la trajectoire et que le projectile est bien ré-

gulièrement placé, les résistances du fluide s'équilibrent autour de l'axe, et la direction n'est pas altérée; mais, si par une cause quelconque l'axe du projectile éprouve un certain déplacement et devient oblique par rapport au chemin que décrit le centre de gravité, le mobile tend à se renverser avec une énergie qui dépend beaucoup de sa forme : soit ABCDE, un projectile composé d'un cône et d'un cylindre; soit G, son centre de gravité; MN, le chemin parcouru par ce même centre; FC, l'axe du mobile; *ys*, la résultante de l'action de la résistance de l'air, le centre *y* de cette résistance étant plus près de BC que de CD. La résultante, dont il s'agit, tend évidemment à renverser le projectile avec un bras de levier GK, déterminé par la perpendiculaire abaissée du point G sur *ys*.

Soit également RI, la résultante de la résistance de l'air appliquée au point *G''*, centre de la résistance sur le cylindre, cette force agira sur l'axe FC avec un bras de levier G*g'*. Cette action tend évidemment à replacer le mobile dans sa direction primitive MN et, si celui-ci venait à dépasser cette direction, il y serait replacé par une action analogue et contraire.

Quand le mobile marche directement, le centre de la résistance se trouve sur l'axe; mais, dans le cas qui nous occupe, il n'en est point ainsi, soit pour le cône, soit pour le cylindre, et cette excentricité est évidemment une cause de renversement.

Il faudrait évidemment pour la stabilité que l'on eût, fig. 34 :

$$PQ \times GK < RS \times Gg'.$$

L'action de la résistance de l'air, par l'effet de l'obliquité des surfaces et de sa décomposition perpendiculairement à ces mêmes surfaces, est une fonction d'une puissance du sinus de l'angle d'incidence ; fonction qui est telle que la résistance sur le cône l'emporte toujours sur celle qui a lieu sur le cylindre, parce que

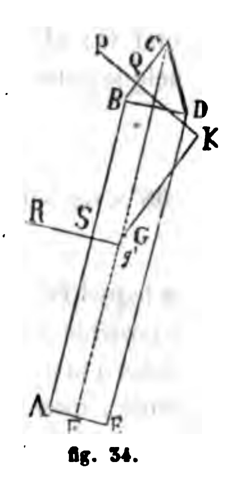


fig. 34.

l'angle d'incidence des filets fluides est plus grand pour le premier que pour le second.

On pourrait croire qu'en laissant le cône constant, et en augmentant la longueur du cylindre on aurait

$$PQ \times GK < RS \times Gg';$$

mais il est facile de voir qu'à mesure que le cylindre augmente, Gg' diminue et GK augmente; et que, par conséquent, le mobile a d'autant moins de stabilité qu'il est plus allongé.

Si, au contraire, on diminue la hauteur du cylindre, on se rapproche de la condition de stabilité jusqu'à la limite, pour laquelle la résultante PQ passe par le centre de gravité total G; alors la perpendiculaire GK est nulle, et, quelque petite que soit la hauteur, on a

$$RS' \times Gg > 0.$$

Passé le cône pour lequel PQ passe par le centre de gravité, il n'est plus possible de trouver une hauteur de cylindre qui satisfasse à la question.

La méthode suivante, quoique n'étant pas tout à fait rigoureuse, permet d'évaluer à peu près les hauteurs relatives du cylindre et du cône.

Soit ABCDE, une balle cylindrique conique; supposons que la résultante de la résistance de l'air sur le

cône soit PQ, et que le point Q soit au tiers de BC, si

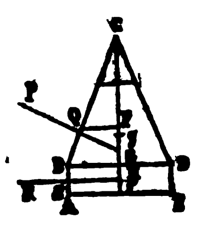


fig. 35.

par le point Q on mène QF, parallèle à BD, on aura

$$FH = \tfrac{1}{3}\,CH; \quad \text{et } QF = \tfrac{2}{3}\,BH.$$

Supposons que G soit le centre de gravité du cylindre et du cône réunis, et que PQ passe par ce point; soit

$$CH = h; \quad BH = r; \quad AB = x.$$

Les triangles rectangles BHC et GQF sont semblables et donnent :

$$CH : BH :: QF : FG;$$

d'où l'on tire

$$FG = \frac{BH \times QF}{CH} = \frac{2}{3}\frac{r^2}{h},$$

on aura donc

$$GH = \frac{1}{3}h - \frac{2}{3}\frac{r^2}{h} = \frac{h^2 - 2r^2}{3h}.$$

Le centre de gravité g du cône, étant à une distance égale à $\frac{1}{4}h$, on a :

$$Gg = \frac{1}{4}h - GH = \frac{1}{4}h - \frac{h^2 - 2r^2}{3h} = \frac{8r^2 - h^2}{12h}.$$

Par la propriété des centres de gravité :

$$\text{cone} \times gG = \text{cylindre} \times g'G.$$

Dans la réalité la résultante de la résistance de l'air sur le cône sera un peu au-dessous de la perpendiculaire PQ et se rapprochera davantage de

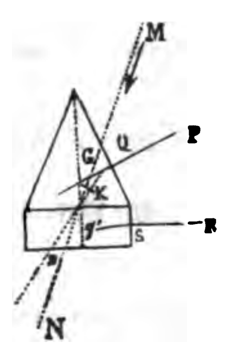


fig. 36.

l'axe ; soit KS cette résultante. Le bras de levier de

cette résultante sera GK, et son action se joindra à celle du cylindre pour ramener le mobile dans sa direction primitive MN.

On voit donc par là, que pour un dérangement infiniment petit, le mobile sera dans des conditions de stabilité convenables, puisque le bras de levier de l'action sur le cône sera nul, et qu'à mesure qu'il se déplacera de plus en plus, les conditions de stabilité deviendront de plus en plus prépondérantes.

Cela posé, on a, fig. 35,

$$Gg' = Hg' + HG;$$

or,

$$Hg' = \tfrac{1}{2}\, x,$$

il viendra donc

$$Gg' = \tfrac{1}{2}\, x + \frac{h^2 - 2r^2}{3h};$$

mettant à la place du cône et du cylindre leurs volumes respectifs, on aura

$$\tfrac{1}{3}\pi r^2 h \times \frac{8r^2 - h^2}{12h} = \pi r^2 x \left(\tfrac{1}{2}\, x + \tfrac{1}{3}\, \frac{(h^2 - 2r^2)}{h}\right).$$

Réduisant, on obtient l'équation :

$$x^2 + \tfrac{2}{3}\, x \left(\frac{h^2 - 2r^2}{h}\right) = \frac{8r^2 - h^2}{18}.$$

dont la racine est

$$x=\left(\sqrt{\frac{h^4+8r^4}{2}}+2r^2-h^2\right)\frac{1}{3h}.$$

Pour que le cylindre fût nul, il faudrait qu'on eût :

$$\sqrt{\frac{h^4+8r^4}{2}}=h^2-2r^2;$$

élevant au carré et tirant la valeur de h, on a

$$h=2r\sqrt{2};$$

c'est la valeur maximum de h; au delà de cette valeur, x devient négatif, ce qui est ici le caractère de l'impossibilité.

Pour $h=2r$, on a $x=\frac{1}{3}r(\sqrt{3}-1) = 0,2440r.$

Pour $h=r$, on a $x=\frac{1}{3}(\frac{3}{2}r\sqrt{2}+r)= 1,0404r.$

Pour $h=\frac{1}{2}r$, il vient $x=$ . . . . . $= 2,5052r.$

Pour $h=\frac{1}{3}r$, il vient $x=$ . . . . . $= 3,8889r.$

Pour $h=\frac{1}{10}r$, il vient $x=$ . . . . . $=13,3r.$

On voit par cette discussion que les cônes les plus

allongés répondent aux cylindres les plus courts, et que, réciproquement, les cônes les plus aplatis répondent aux cylindres les plus allongés.

On voit donc que l'aplatissement des balles dans le chargement des carabines avec le maillet contribuait à donner de la stabilité aux balles, surtout quand celles-ci étaient fort allongées. Dès 1832, j'avais établi le principe de la stabilité des balles lancées par les armes rayées.

Si le cylindre était formé d'une substance n fois moins dense que le cône, on aurait :

$$x = \frac{1}{3h}\left(\sqrt{\frac{h^2(8r^2-h^2)(n-1)+h^4+8r^4}{2}}+2r^2-h^2\right);$$

pour $h = 2r\sqrt{2}$, ou $h^2 = 8r^2$,

on trouve $x = 0$;

la diminution de densité du cylindre ne change pas évidemment le maximum de hauteur pour lequel on a déjà trouvé que le cylindre devait être nul.

Pour $h = 2r$, et $n = 11$,

on trouve $x = 1.265r$

au lieu de $x = 0,4881r$;

pour $h = r\sqrt{2}$ et $n = 7$,

on a $x = 1.53r$.

Ici, comme pour le solide homogène, le cylindre augmente de longueur à mesure que le cône s'aplatit, mais dans une progression d'autant plus rapide que *n* est plus grand.

Un projectile, formé d'un cône en plomb de 19^{mm} de hauteur et de $17^{mm},2$ de diamètre, monté sur un sabot en bois dur de 10^{mm} de hauteur, serait dans les conditions indiquées par la formule, et ne pèserait guère plus que les $\frac{7}{9}$ du poids de la balle sphérique. Pour les bouches à feu, le projectile pourrait être formé d'une pointe conique en fonte très-forte, à base évidée, terminée par une tige en fer servant d'axe à un cylindre formé de planchettes circulaires en bois d'orme tenant lieu de sabot. Le poids minimum de ce projectile serait du tiers du boulet sphérique correspondant.

La suite à un prochain numéro.

ÉTUDE

SUR

LE PROBLÈME BALISTIQUE,

PAR

C. G. LAGERCRANTZ

Officier d'état-major de l'artillerie suédoise.

INTRODUCTION.

L'expérience a bien prouvé que les différents essais qui ont été faits depuis Newton jusqu'à ces derniers temps, pour résoudre le problème de la balistique, n'ont eu que des résultats peu importants quant à la pratique, tant qu'on a pris pour point de départ la fausse hypothèse d'une résistance de l'air proportionnée au carré de la vitesse du projectile. Tous les efforts qu'on a tentés pour vaincre les difficultés analytiques du problème et pour tenir compte dans les calculs des moindres influences, n'ont été suivis que de résultats peu décisifs.

Grâce à l'impulsion active et éclairée du gouvernement français, des expériences sur la résistance de l'air, entreprises et poursuivies sur une vaste échelle, ont eu lieu à l'école de Metz durant ces dernières années; aussi la France vient-elle de faire un grand pas vers la solution du problème. Dans son *Traité de balistique*, ouvrage destiné à faire époque dans les annales scientifiques de l'artillerie, M. Didion, laissant de côté l'ancienne hypothèse d'une résistance proportionnée au carré de la vitesse, y substitue, pour la résistance, une expression binôme, dont il prouve le rapport exact avec la réalité et la facilité dans l'application.

Avant d'avoir eu connaissance de la manière dont le sujet venait d'être traité, j'avais eu l'idée de discuter la trajectoire des projectiles de l'artillerie d'après l'ancienne hypothèse et les formules approximatives qu'on en a déduites, mais en ayant soin toutefois d'employer des valeurs *variées* et *convenables* pour la quantité n, si improprement appelée le *coefficient* de la résistance.

Le *Traité* de M. Didion devrait peut-être désormais interdire toute espèce de tentative faite pour réhabiliter les anciennes formules balistiques. Néanmoins, il ne me paraît pas complétement inutile d'exposer ici les principes qui m'ont guidé dans un essai où je me suis proposé pour but de rendre applicables à la pratique ces mêmes formules.

D'abord il suffit, pour le « *procédé avec des valeurs convenables* » que je vais exposer, de se baser sur les expériences *de tir ordinaire*, afin d'en déduire avec toute l'exactitude désirable, la vitesse initiale et de pouvoir résoudre toute autre question de balistique sans être obligé de recourir au pendule ou à quelque autre appareil particulier. J'insiste d'autant plus sur ce point que le pendule balistique est d'un usage encore trop peu fréquent, et que d'ailleurs il ne se prête pas sans difficultés ni restrictions à l'emploi qu'on en veut faire. Quant aux appareils galvaniques, qui promettent des résultats plus exacts et moins limités, ils n'ont pas encore atteint généralement toute la perfection qu'on a le droit d'en attendre.

Ensuite, la simplicité d'une méthode qui permet d'employer, *sans sacrifier l'exactitude*, des formules *approximatives*, me semble offrir quelques avantages. On obtiendra surtout ces avantages pour l'application dans le cas où la discussion des expériences préliminaires aurait une fois produit des relations entre les distances et les valeurs convenables (voir l'exemple ci-après

du canon de 12 suédois). Cette discussion elle-même admet des calculs extrêmement simples, mais elle veut qu'ils soient répétés un certain nombre de fois avec des valeurs différentes de *n* et sur plusieurs données expérimentales.

Enfin, il me semble permis de signaler comme un avantage de cette méthode, qu'elle pourra être employée dans plusieurs autres circonstances semblables, où il s'agit de recourir aux formules plus ou moins rationnelles, dans lesquelles un coefficient constant doit établir la coïncidence avec la réalité. Pourvu que l'expérience ait offert quelques données ou quelques effets successifs, sur lesquels on puisse établir des calculs répétés d'une cause invariable, on parviendra à discuter, pour la formule employée, son degré d'exactitude, mesuré par le degré de coïncidence de la ligne obtenue (analogue aux courbes, pl. II) avec une ligne droite verticale, passant par le point de départ sur l'axe des abscisses. Pour le cas de non-coïncidence ou de non-exactitude, il me semble qu'on pourra souvent recourir à une méthode, basée sur des *valeurs convenables*.

Cependant il n'entre pas dans ma pensée de développer ici cette méthode au point de vue d'une application plus générale. Je m'en tiendrai seulement au *problème balistique*.

Pour cela, il est nécessaire d'indiquer premièrement les données expérimentales sur lesquelles la méthode sera fondée. Secondement, on développera les notions émises sur des *valeurs convenables*, ainsi que la manière de déterminer ces valeurs, qui recevront ensuite sommairement leur application au problème balistique. Enfin, on cherchera à rendre la méthode plus claire par un exemple avec le canon de campagne de 12 suédois.



ÉTUDE

SUR

LE PROBLÈME BALISTIQUE.

DONNÉES FONDAMENTALES.

Je ne m'occuperai d'abord que des trajectoires peu courbées des *canons* à *fortes charges* (1), et je présume qu'on a recueilli, pour une certaine pièce ou espèce des pièces et des projectiles, le résultat d'un tir exécuté avec la précision qu'on observe ordinairement quand il s'agit d'ajuster les pièces et d'établir la relation nécessaire entre les élévations et les portées. Seulement il faut dans ces tirs faire attention aux angles de départ des projectiles et ne les point confondre avec l'élévation de l'axe de l'âme, si l'on venait à constater que cette élévation est différente de l'angle moyen de départ. Une telle observation des angles de

(1) Pour le cas général des trajectoires quelconques, je renvoie aux considérations qui seront développées plus tard dans les applications.

départ actuels pourra facilement s'exécuter d'une manière ordinaire avec des cadres en fil ou en plomb, placés devant la bouche, ou selon d'autres procédés indiqués par M. Didion.

Nous supposons ainsi que l'expérience ait donné, par un grand nombre de coups, quelques bonnes relations fondamentales entre les *distances* sur l'horizon de la bouche (portées) et les *angles de départ* correspondants des projectiles. A ces relations on peut ajouter exactement la portée O pour l'angle de départ O. Les relations pourront maintenant, comme à l'ordinaire, être représentées avec continuité par une courbe qui passe par l'origo et dont les abscisses mesurent les portées sur l'horizon de la bouche, et les ordonnées les angles de départ. Pour obtenir les valeurs des ordonnées avec plus de précision que n'en offrent les mesures mécaniques sur la figure, on peut encore de ces ordonnées former une série arithmétique d'un degré dépendant du nombre des données fondamentales, par exemple du troisième degré, si on se base sur trois points fondamentaux. On a pour cela l'expression suivante du terme général d'une série arithmétique :

$$y_m = y + m\,\Delta\,y + \frac{m\,(m-1)}{2}\,\Delta\,^2 y + \frac{m\,(m-1)\,(m-2)}{2\quad 3}\,\Delta\,^3 y.$$

et l'occasion de former trois équations pour déterminer $\Delta\,y$, $\Delta^2\,y$ et $\Delta^3\,y$.

Après avoir ainsi indiqué la base sur laquelle sera

fondé l'application de la méthode en question, ou signalé les matériaux que je suppose devoir être recueillis et mis en ordre dans ce but, je vais d'abord déterminer le sens, les propriétés et les caractères de ce que je veux, dans le cours de cet exposé, appeler :

VALEURS CONVENABLES ET MUTUELLEMENT CORRESPONDANTES DU COEFFICIENT DE RÉSISTANCE (n) ET DE LA VITESSE INITIALE (c) POUR DES DISTANCES DONNÉES.

Il est évident que la même portée (d) peut avec son angle de départ (e), donné par l'expérience, être déduite par l'*ancienne* formule balistique, exprimée dans sa généralité :

$$d = f\ (n,\ c,\ e)$$

avec une infinité de valeurs du coefficient de résistance (n) selon qu'on y substitue différentes valeurs de la vitesse initiale (c). Nous appellerons *système des valeurs mutuellement correspondantes pour une distance donnée*, chacun des systèmes des valeurs de n et de c, qui, avec la même formule, et, après la substitution de la valeur juste de e, rend la juste valeur de d. — Chacun de ces systèmes représente une trajectoire particulière, s'écartant plus ou moins de la *réelle*, qu'elle rencontre au point $x = d$, $y =$

o, sous des angles plus ou moins aigus, et avec laquelle elle a dans le point commun de départ (la bouche) une même tangente.

Un autre caractère propre à ces trajectoires imaginaires et auquel je reviendrai plus tard, c'est qu'on peut leur attribuer dans certaines limites la même *durée*.

En effet, la formule

$$dt = \sqrt{-\frac{dp\,dx}{2g}}$$

(dans laquelle $p = tang.\ v$ et v représente l'inclinaison de la tangente dans le point de la trajectoire indiqué par l'abscisse x), prouve que pour ces trajectoires calculées avec des valeurs correspondantes de n et c pour une certaine distance avec son angle de départ, la durée peut être estimée la même, tant que la différence entre la courbure des trajectoires à la distance donnée permet, par son peu d'importance, de négliger celle qui existe entre leur *tang.* v dans leur point commun de rencontre. Ainsi la durée est exactement la même pour les trajectoires qui dans ce point ont la même tangente, et quoique cela ne puisse pas exactement arriver pour deux trajectoires calculées avec la même formule après la substitution des mêmes x et e, la supposition d'une égale durée pourra, sans produire d'erreur appréciable, être adoptée pour la trajectoire *véritable* et celle des trajectoires

calculées qui, dans le point de rencontre, a la même *tang. v*, c'est-à-dire pour laquelle ce point est un point d'osculation avec la trajectoire véritable.

De tous les systèmes précédents des valeurs correspondantes de *n* et *c* pour une distance donnée *d'*, il y en a nécessairement *un* qui représente une trajectoire coïncidant mieux avec la véritable que toutes les autres, et aussi bien qu'il est possible en supposant au calcul une valeur de *n constante* pour le trajet déterminé jusqu'à *d'*. Car la trajectoire véritable ne peut pas être *exactement* rendue par le calcul, avant qu'on rende à cette quantité, d'après la nature de *n*, une valeur *fonction de la vitesse*, parce que, comme on le sait, la résistance de l'air, exprimée pour des sphères par

$$R = \frac{1}{2} n \, a \, \delta \, v^2$$

n'est pas en effet proportionnelle au carré de la vitesse.

Nous appellerons donc *convenable* pour une distance donnée, ce système des valeurs de *n* et de *c*, qui mieux qu'aucun autre et aussi bien qu'il se peut faire avec l'expression adoptée de la résistance, permet de calculer la trajectoire véritable jusqu'à cette distance et avec l'angle de départ qui lui appartient (*n convenable* avec *c correspondant* ou inversement).

De cette définition résultent les caractères suivants d'une valeur de *n convenable* pour une certaine distance :

1° La différence inévitable entre la trajectoire *véritable* et les trajectoires *calculées*, dépendant de l'expression fautive de la résistance de l'air, il en résulte, que le calcul qui a donné la meilleure coïncidence avec la réalité, a aussi fourni la meilleure expression de la résistance de l'air, et qu'ainsi, mieux qu'aucune autre valeur constante et aussi bien qu'il se peut faire avec la supposition fondamentale

$$R = \frac{1}{2} n a \delta v^2$$

le *n convenable* exprime la résistance de l'air pour le trajet déterminé.

Il résulte de là :

2° Qu'une valeur de *n*, *plus grande* que la convenable, exprime, avec la fonction adoptée, une valeur de la résistance de l'air plus grande que celle qu convient pour la meilleure coïncidence avec la trajectoire véritable, et *vice versa* une *moindre* valeur de *n*. Mais, de même qu'il serait fautif de dire que la *véritable* résistance de l'air est exprimée à l'aide de la valeur *convenable* de *n*, de même il le serait aussi de prétendre qu'avec des valeurs de *n* *plus grandes* ou *plus petites* seraient exprimées des résistances *trop grandes* ou *trop petites*.

3° Chaque trajectoire calculée avec des valeurs correspondantes de *n* et *c*, ayant à son point de départ (la bouche) la même tangente que la véritable, et rencontrant encore celle-ci à son point d'arrivée; de plus,

les deux trajectoires ne pouvant se rencontrer dans aucun autre point, il suit que parmi toutes les trajectoires calculées, celle qui, mieux qu'aucune autre, coïncide avec la véritable, ou celle, — d'après la définition, — qui est calculée avec le système *convenable* de *n* et *c*, doit *osculer* la trajectoire véritable dans le second point de rencontre ou à la distance donnée. Le système convenable de *n* et *c* donne ainsi naissance à une trajectoire calculée qui a des tangentes communes avec la véritable dans les deux points de rencontre, la bouche et le but.

4° Plus la distance donnée sera petite, plus la coïncidence sera parfaite entre la véritable trajectoire et celle qui est calculée avec des valeurs convenables de *n* et *c*.

5° Ayant supposé, comme cela a lieu pour chaque valeur constante de *n*, que la résistance de l'air varie proportionnellement au carré de la vitesse ; et cette résistance décroissant en effet plus rapidement que d'après cette proportion, il suit de là que la vitesse initiale qui correspond à une valeur de *n* convenable c'est-à-dire *la vitesse initiale convenable*, est *moindre* que la *véritable*.

6° Plus sera petite la distance sur laquelle on calculera la vitesse initiale avec le *n* convenable, plus deviendra petite la différence *C* — '*c* entre la vitesse initiale *réelle* et la vitesse initiale *convenable*.

7° Il est clair que l'ordre de variation des valeurs convenables de *n* pour des distances décroissantes,

doit dépendre de la nature des résistances réelles, de telle sorte que si la résistance réelle croît dans une progression plus rapide que celle du carré des vitesses, les *n* convenables doivent aussi croître avec les distances décroissantes; mais, au contraire, si la résistance réelle croît dans une progression plus lente que celle des carrés des vitesses, il *peut* arriver, selon l'étendue des distances et celle des intervalles donnés, que les *n* convenables pour des distances décroissantes, premièrement croissent et ensuite décroissent. Un tel accroissement des résistances, moins rapide que celui des carrés des vitesses, ne paraît pouvoir commencer à se produire qu'après qu'on aura atteint, pour les vitesses, la limite où doit se former un vide derrière l'hémisphère complet du projectile (limite qui probablement ne sera jamais atteinte avec les projectiles ordinaires de l'artillerie.—Comparer le tableau de Hutton sur les valeurs de *n* pour différentes vitesses).

Considérations générales pour déterminer les valeurs convenables de n *et de* c.

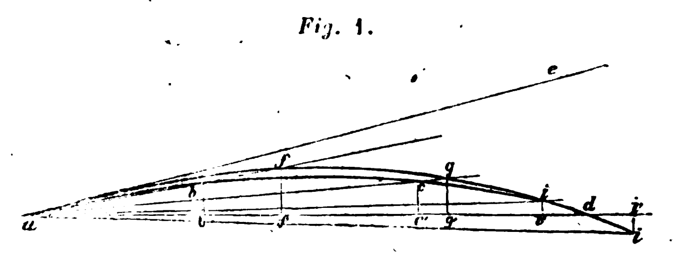
Nous allons maintenant chercher quels caractères pourront le mieux servir à déterminer les valeurs convenables de *n* et de *c*.

On aurait en effet un signe certain de l'emploi

dans le calcul balistique d'une expression *exacte* de n, et, par suite, de la résistance de l'air, si la véritable vitesse initiale se retrouvait toujours la même en la déduisant successivement des différentes distances données avec les angles de départ qui leur appartiennent. Avec une valeur constante de n, cela, naturellement, ne pourra jamais se faire : mais on déduira au contraire des vitesses initiales différentes, selon qu'elles seront calculées sur des distances différentes.

Mais, quoiqu'on ne puisse exactement attribuer à n une valeur constante, néanmoins chaque distance possède un n convenable, suivant l'acception indiquée précédemment. Cette valeur convenable serait à son tour exacte, si la composition de la fonction fondamentale était juste ; alors la trajectoire calculée coïnciderait tout à fait avec la réelle, et l'on déduirait toujours, de quelques distances que ce soit, la même vitesse initiale exacte ; ce qui ne peut se faire à présent. La trajectoire, calculée avec l'n convenable, *a b c d* (*Fig.* 1), ne coïncide pas tout à fait avec la

Fig. 1.



véritable trajectoire *a f g d*. La vitesse initiale qui se calcule au moyen de l'*n* convenable sur la portée *d* et l'angle de départ *e a d*, se retrouve en effet toujours la même sur tous les points de la trajectoire supposée ou calculée (comme sur la distance *ac* ou *ac'* et l'angle de départ *e a c*, sur la portée *ab* ou *ab'* et l'angle *eab*, etc.). Mais, avec les mêmes angles de départ, elle ne pourra se retrouver la même sur les points de la trajectoire réelle ou sur les portées *ag* et *af* ou *ag'* et *af'*.

Maintenant (voir le 3° ci-dessus) le caractère de la trajectoire calculée avec une valeur de *n* convenable pour la distance *ad*, c'est qu'elle doit osculer la trajectoire véritable en *d*. Il suit de là que la vitesse initiale, calculée en raison de la distance *d*, ou sur le point *d* de la trajectoire véritable, doit aussi être obtenue par un calcul fait sur des distances ou des points de la même trajectoire infiniment rapprochés de *d*. *Vice versâ*, après avoir calculé la vitesse initiale sur une distance donnée *a d* et son angle de départ *e a d*, avec une valeur quelconque de *n*, s'il arrive, en reprenant le calcul avec le même *n* sur une distance infiniment rapprochée *a i* ou *a i'* et son angle de départ *e a i*, qu'on obtienne encore la même vitesse initiale, il résultera que la valeur employée de *n* devra être *convenable* pour la distance *a d*, parce qu'il est impossible qu'aucune autre trajectoire de même espèce, c'est-à-dire calculée avec la même formule, puisse passer entre les deux trajectoires en question,

ou puisse être susceptible d'une osculation de degrés supérieurs.

Cette considération nous guidera dans la recherche des valeurs convenables de n, après avoir premièrement, pour le traité *graphique* de la question, exprimé de la manière suivante la règle discutée :

Si, avec une valeur donnée de n, on a calculé, sur différentes distances, chacune avec l'angle de départ qui lui appartient, une suite de vitesses initiales, afin que la relation continuelle entre les distances (ordonnées) et les vitesses initiales (abscisses) puisse être représentée par une courbe, et s'il arrive que cette courbe soit susceptible d'une tangente verticale (c'est-à-dire que la même vitesse initiale se produise sur deux distances infiniment rapprochées), le point de contact entre la courbe et cette tangente indiquera par son ordonnée la distance pour laquelle la valeur employée sera *convenable*, et par son abscisse la vitesse initiale correspondante ou convenable.

Relations générales entre distances et vitesses initiales calculées.

Pour faciliter la détermination des valeurs convenables de c et n (vitesses initiales et coefficients de résistance), nous allons maintenant considérer encore

les caractères des valeurs *trop grandes* et *trop petites*. A cet effet nous discuterons premièrement en général la courbure des lignes qui, pour des n donnés, pourraient exprimer la relation continuelle entre les distances et les vitesses initiales calculées; et, à cet effet, nous empruntons de la balistique l'expression suivante approximative de la vitesse initiale, posée par Legendre pour des trajectoires peu courbées, formule avec laquelle nous supposons que les vitesses initiales se calculent successivement sur des distances consécutives :

$$c^2 = \frac{3\,g\,d}{3 \sin \varphi \cos \varphi - m\,d \sin \varphi}$$

Où c = la vitesse initiale,

d = la portée sur l'horizon de la bouche,

φ = l'angle de départ,

$m = \frac{3}{8}\, n\, \frac{D'}{D}$.

Pour rechercher dans quelles conditions c croît ou décroît pour des distances croissantes et avec une valeur donnée de n, nous supposons les vitesses initiales c' et c'' calculées en raison des distances d' et d'' (d'' étant $= d' + \delta$) et des angles de départ respectifs φ' φ'' et avec une valeur donnée de n.

Nous obtenons alors :

$$\frac{c'^{2}}{c''^{2}} = \frac{d'}{d''} \cdot \frac{3 \sin \varphi'' \cos \varphi'' - d'' m \sin \varphi''}{3 \sin \varphi' \cos \varphi' - d' m \sin \varphi'}$$

et il faut seulement rechercher les conditions nécessaires pour que cette expression soit $\gtrless 1$, ou, ce qui revient au même :

$$\frac{3 \sin \varphi'' \cos \varphi'' - d'' m \sin \varphi''}{3 \sin \varphi' \cos \varphi' - d' m \sin \varphi'} \gtrless \frac{d''}{d'}$$

Ces conditions ne se pourront déterminer bien exactement, tant qu'on ne pourra exprimer analytiquement la relation entre d et φ; mais les lois du mouvement des projectiles dans le vide admettent :

$d' : d'' > \sin 2\varphi' : \sin 2\varphi''$ et plutôt
$d' : d'' > \sin \varphi' : \sin \varphi''$ ou
$d'' : d' < \sin 2\varphi'' : \sin 2\varphi'$ et plutôt
encore $d'' : d' < \sin \varphi'' : \sin \varphi'$.

Du reste, puisqu'il faut que 3 *sin.* φ *cos.* φ soit plus grand que dm sin φ, si l'on peut donner à c quelque valeur raisonnable, il résultera nécessairement, d'une part, qu'il sera possible, du moins tant que n ne sera

pas trop petit, de donner à δ une valeur aussi grande que

$$\frac{3 \sin \varphi'' \cos \varphi'' - d'' m \sin \varphi''}{3 \sin \varphi' \cos \varphi' - d' m \sin \varphi'} < \frac{d''}{d'}$$

$$\text{ou } c'' > c'$$

et, d'autre part, qu'il sera possible, tant que n ne sera pas trop grand, de donner à δ et d' des valeurs aussi petites que

$$\frac{3 \sin \varphi'' \cos \varphi'' - d'' m \sin \varphi''}{3 \sin \varphi' \cos \varphi' - d' m \sin \varphi'} > \frac{d''}{d'}$$

$$\text{ou } c'' < c'.$$

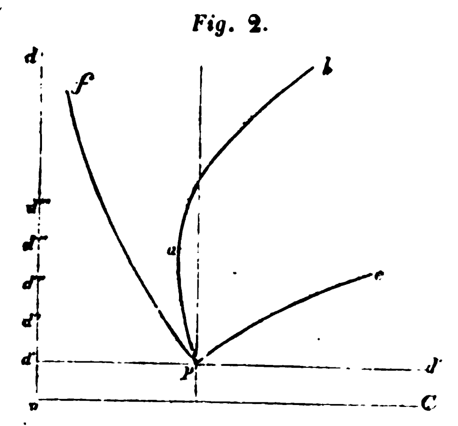
Outre cela, il résulte encore qu'indépendamment des valeurs de δ et d', n sera toujours susceptible d'une valeur assez grande pour que $c'' > c'$, et assez petite pour rendre $c'' < c'$.

Expression graphique des relations générales entre distances et vitesses initiales calculées.

En admettant que d' exprime la distance la plus courte sur laquelle c a été calculé, il résulte de ce que nous avons dit précédemment, qu'une courbe, (dont les ordonnées représentent les distances et les abscisses les vitesses initiales qui en sont déduites), pour exprimer la relation générale entre les distances et les vitesses initiales, doit premièrement, en partant du point p, se courber vers la gauche et ensuite

passer à droite de la verticale par p, comme $p\ a\ b$;

Fig. 2.



mais que du reste des valeurs assez grandes pourront être données à n pour que la courbe, dès son point de départ, soit dirigée à droite de la verticale comme $p\,e$, et qu'une valeur assez petite pourra également être donnée à n pour que la courbe, se dirigeant à gauche dès son point de départ, comme pf, n'atteigne jamais la verticale par p, même pour les plus grandes distances, bien qu'elle tende de plus en plus à se courber à droite.

Une convexité constante par rapport à l'axe des ordonnées, telle que celle de la ligne $p\,a\,b$ pour des valeurs moyennes de n, et telle que pe ou pf pour des valeurs tout à fait trop grandes ou trop petites, paraît ainsi être le caractère de la courbure des lignes (d — c courbes) qui doivent exprimer la relation entre les distances et les vitesses initiales.

Il faut cependant remarquer, qu'en discutant cette loi de courbure des d — c — lignes, nous avons supposé qu'elle ne pourra être que *simple* (sans inflexion). On pourrait néanmoins supposer entre d et φ une relation telle, que les vitesses initiales, successivement calculées sur les distances croissant continuellement avec des intervalles constants, pourraient croître ou décroître avec des différences, augmentant d'abord, ensuite diminuant, circonstance qui déterminerait l'inflexion et rendrait la courbe, de concave, convexe, par rapport à l'axe des ordonnées. Si cependant l'expérience du tir pouvait indiquer entre d et φ une relation actuelle qui produirait cet ordre de variations dans les résultats susdits du calcul balistique, un tel fait devrait résulter nécessairement d'une variation correspondante dans la force de résistance de l'air ou dans la valeur exacte de n pour des vitesses successives.

La nature des choses paraît en effet produire une telle variation dans les valeurs successives de n, quand la vitesse dépasse la limite déterminée par un vide complet derrière le projectile, limite à partir de laquelle, comme l'indiquent les essais de Hutton, les valeurs justes de n pour des vitesses données, jusque-là allant en augmentant avec les vitesses, continuent en diminuant pour des vitesses croissantes.

Si donc la vitesse initiale actuelle pouvait dépasser la limite susdite, il semble qu'il se pourrait produire des d — c — lignes d'une courbure double, qui dé-

montreraient qu'une valeur donnée de n, dès le commencement (près de la bouche) trop grande, pourrait devenir convenable à quelque distance plus grande, ensuite trop petite, pour redevenir encore une fois convenable à quelque distance encore plus grande, et finir par être, à l'infini, de plus en plus trop grande.

Cette limite des vitesses, bien qu'elle puisse, d'après Hutton, être atteinte par le projectile de 1 avec une vitesse d'environ 1600 pieds, ne paraît pourtant pas être admise pour les projectiles actuellement en usage dans l'artillerie.

Quoi qu'il en soit, ceci ne détruit en rien la règle que nous avons établie précédemment, que les valeurs convenables de n s'indiquent par des tangentes verticales aux d — c — courbes (lignes de relation entre d et c), et s'il arrivait le cas exceptionnel dont nous venons de parler, qu'une valeur de n puisse deux fois devenir convenable pour deux différentes distances, la ligne de relation entre les d et les c pour une telle n aurait nécessairement une courbure double et serait susceptible de deux tangentes verticales, dont les points de contact avec la courbe indiqueraient les distances auxquelles convient la valeur de n ainsi que les vitesses initiales correspondantes.

Des valeurs de n *trop grandes relativement aux valeurs convenables.*

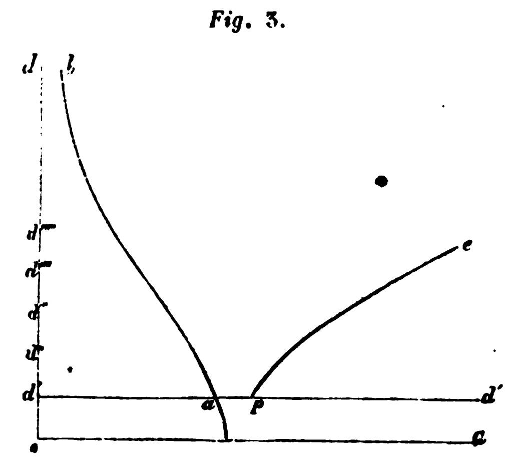
Si maintenant, pour calculer une série de vitesses initiales sur des distances ou portées successives, on

substitue à n une valeur qui déjà, pour la plus courte portée, est plus grande que la convenable, on admet en même temps pour l'air une valeur de résistance plus grande que celle qui correspond à l'n convenable, et la vitesse initiale calculée sera par conséquent plus grande que celle qu'on aurait obtenue avec cet n, bien entendu toutefois qu'on a supposé que le projectile a été retardé par une résistance plus grande que celle qui s'exprime avec l'n convenable. Supposé toujours que la limite des vitesses, qui se détermine par le vide complet derrière le projectile, ne soit pas atteinte, ou seulement que la plus courte distance sur laquelle on calculera la vitesse initiale, soit assez grande pour que la vitesse moyenne à laquelle on pourrait dire qu'a rapport l'n convenable, se trouve au-dedans de cette limite, il faut (voir ci-dessus le 7°), si on répète le calcul sur des distances de plus en plus éloignées, que l'n employé, dont nous avons supposé que la grandeur surpasse, dès le commencement, celle de l'n convenable, soit de plus en plus trop grande relativement aux n successivement convenables pour ces mêmes distances, parce que, dans la supposition indiquée de la limite des vitesses actuelles, ces n iront nécessairement en diminuant avec les distances croissantes. Les valeurs des résistances, résultant de l'n employé, deviendront également de plus en plus trop grandes pour des distances croissantes plus éloignées, relativement aux résistances qui correspondent aux n respectivement convenables,

et enfin les vitesses initiales, calculées avec un *n* tel que nous l'avons supposé, sur des distances ou portées successives, deviendront ainsi de plus en plus trop grandes, relativement à celles qui correspondent aux *n* convenables de ces mêmes distances.

Admettons maintenant que la relation entre des distances (*d*) et des vitesses initiales *convenables* (*c*) soit graphiquement exprimée par la ligne *ab*, dont on peut dire d'avance (voir ci-dessus le 5° et le 6°) qu'elle doit se diriger vers l'axe des ordonnées, et que cet axe doit lui être asymptote, la valeur convenable de *c* ne pouvant être = o que pour la distance = ∞. Il résulte alors de ce qui précède, que la ligne de relation entre des distances et des vitesses initiales

Fig. 3.



calculées pour un *n* plus grand que l'*n* convenable

à la plus courte distance d', doit partir d'un point p sur l'horizontale par d' en dehors de a, et, dans son cours, s'éloigner de plus en plus de ab. Comme d'ailleurs la ligne de relation appartenant à un tel n, ne pourra être susceptible d'aucune tangente verticale, il résulte de l'explication donnée de la courbure générale des d — c — lignes, qu'on pourra établir la règle suivante pour le cas en question (tant que la vitesse actuelle ne surpassera pas la limite indiquée par le vide susdit) :

I. Si l'on calcule la vitesse initiale sur des distances successives avec un n qui déjà dès le commencement soit *plus grand que le convenable*, la courbe en résultant qui exprimera la relation entre d et c pour cet n, devra, dès son point de départ (correspondant à la plus courte distance), présenter une *concavité continuelle*, par rapport à l'axe des abscisses.

Les valeurs de n *trop petites, relativement aux valeurs convenables.*

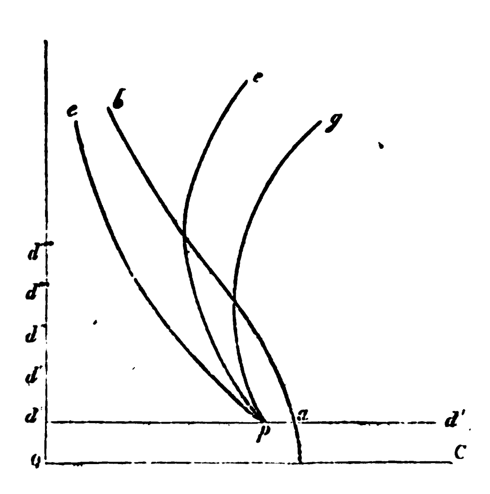
Si, au contraire, pour le calcul successif des vitesses initiales, d'après des distances croissantes, on a donné à n une valeur qui, pour la plus courte distance, soit moindre que la convenable, et, par cela même, attribué à cette distance une valeur de résistance de l'air plus petite que celle qui correspond à l'n convenable, il faudra que la vitesse initiale cal-

culée sur cette même distance soit plus petite que la convenable (correspondant à l'n convenable). Maintenant, si l'on répète le calcul avec le même n sur une distance plus grande, il peut arriver que cet n soit encore inférieur à l'n convenable qui appartient à cette distance ; mais, les n convenables allant nécessairement en diminuant en raison des distances croissantes, il faut que la valeur de l'n employée, ainsi que la valeur de la résistance qui en dépend, soient plus rapprochées des valeurs convenables. Il faut cependant remarquer qu'on n'est pas autorisé à déduire une conclusion analogue, quant à la vitesse initiale calculée, puisque cette quantité dépend aussi, outre de la valeur substituée de la résistance, du chemin ou de la durée de cette influence, de sorte qu'en dedans de certaines limites, une différence moins grande entre les résistances ingrédientes du calcul, puisse se conformer avec une différence plus grande entre les vitesses initiales résultantes. Mais maintenant puisque, pour des distances encore plus grandes, la différence entre les n employés et les n convenables, doit diminuer et enfin disparaître pour la distance dont l'n convenable est égal à l'n employé, il résulte que vers cette limite, où la vitesse initiale *calculée* doit aussi nécessairement coïncider avec la vitesse *convenable*, la différence entre les deux vitesses doit aller en diminuant.

Ainsi, si nous supposons, comme auparavant, que la ligne ab (*Fig.* 4) exprime la relation entre des distances

et des vitesses initiales convenables, il suit, d'après ce

Fig. 4.

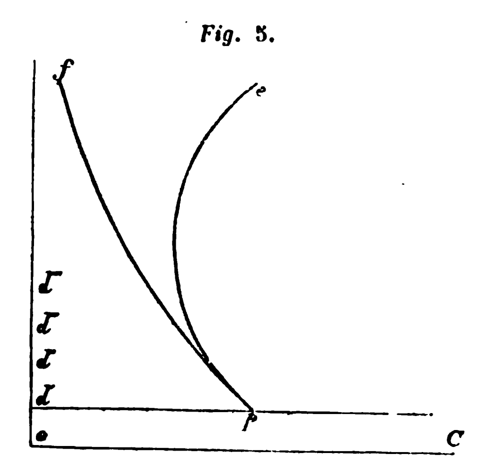


que nous avons dit, qu'une ligne qui pourra exprimer la relation entre des distances et des vitesses initiales calculées pour une valeur d'*n* moindre que celle qui *convient* à la plus courte distance *d'*, devra partir d'un point *p* en dedans de *a* en se dirigeant vers *a b*, ou immédiatement comme *p g*, ou après s'en être premièrement éloignée comme *p e*, et ensuite, après avoir coupé *a b* (si, du reste, elle atteint une telle intersection), s'en éloigner de plus en plus, à l'infini.

En observant que la ligne de relation *a b* entre des distances et des vitesses initiales convenables, quel que soit d'ailleurs son caractère, doit nécessairement pour

des ordonnées ou distances croissantes obtenir des abscisses (vitesses initiales convenables) de plus en plus petites ; en observant encore que chaque point d'intersection entre cette ligne et les différentes lignes *d* — *c*, (exprimant, chacune pour une valeur donnée de *n*, les relations entre des distances et des vitesses initiales calculées), doit être en même temps point de contact pour des tangentes verticales, il s'ensuit, conformément à ce que nous avons dit de la courbure générale des lignes *d* — *c*, que la relation entre les distances et les vitesses initiales pour une valeur de *n* moindre que celle *qui convient* à la plus courte dis-

Fig. 5.



tance, pourra être graphiquement représentée par une *d* — *c* courbe telle que *p f* ou *p e* (*Fig.* 5), celle-là pour des valeurs de *n* si petites qu'elles n'atteindront jamais la

valeur convenable, même pour les plus longues distances, celle-ci pour des valeurs de n qui, dès le commencement inférieures aux valeurs convenables, deviendront enfin elles-mêmes convenables pour de certaines distances et ensuite, pour des distances plus longues, de plus en plus supérieures aux valeurs respectivement convenables.

Cela peut encore, comme ci-dessus, s'exprimer par la règle suivante, supposé toujours, bien entendu, que la limite des vitesses qui se caractérise par un vide complet derrière le projectile, ne soit pas dépassée.

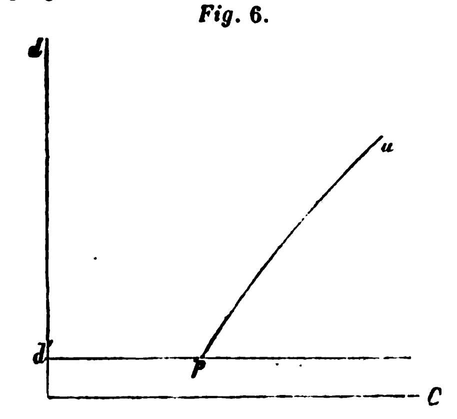
II. Si l'on calcule la vitesse initiale sur des distances successives avec un n qui, pour la plus petite distance employée, soit *moindre que la convenable*, il faut, pour un tel n, que la relation entre les distances et les vitesses initiales calculées puisse s'exprimer par une courbe, qui dès son premier point fondamental (indiqué par la première distance) commence par être convexe par rapport aux deux axes, et qui 1°, ou continue de la même manière, sans obtenir aucun *minimum* par rapport à c (vitesses initiales), ou 2°, passant par un point de *minimum* par rapport à c, se dirige en dehors, en devenant concave par rapport à l'axe des abscisses (l'axe des c).

Règles pour juger du caractère d'un n *employé.*

A présent, nous pouvons établir enfin les règles suivantes, directement applicables à la pratique.

(A.) Si, après avoir substitué dans la formule balistique une valeur quelconque de *n*, et si, après avoir procédé aux calculs successifs des vitesses initiales d'après des distances ou portées croissantes, chacune avec son angle de départ respectif, il arrive que les vitesses résultant des distances successives et d'un intervalle constant, *croissent* elles-mêmes avec des différences *croissantes*, et par conséquent que la relation entre les distances et les vitesses initiales puisse s'exprimer graphiquement par une courbe *p a* (*Fig.* 6)

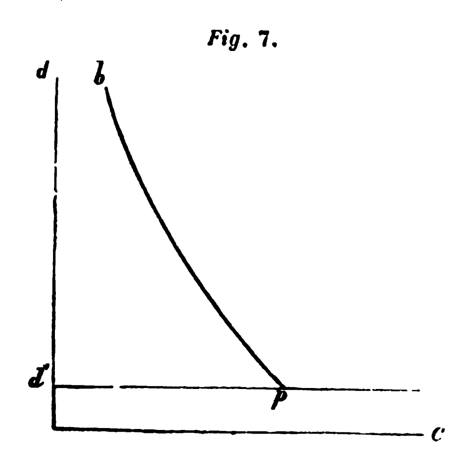
Fig. 6.



d'une *concavité* continuelle par rapport à l'axe des abscisses (vitesses initiales), ces circonstances prouvent que l'*n* employée, aussi bien que la vitesse initiale calculée, déjà *plus grande* que les valeurs respectives convenables pour la plus petite distance, le deviennent encore plus pour des distances plus grandes.

(B.) S'il arrive que les vitesses initiales résultant des distances croissant avec un intervalle constant, aillent en *diminuant* avec des différences *décroissantes*, et que l'analogie graphique produise, par conséquent, une courbe $p\ b$ (*Fig.* 7) de *convexité* continuelle par

Fig. 7.

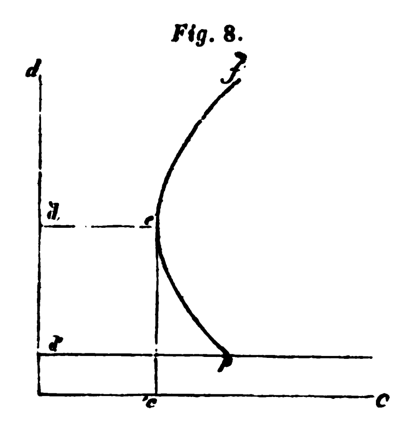


rapport aux deux axes, cela prouve que l'*n* employée est *inférieure* à la valeur convenable, même pour la plus *grande* distance, et qu'elle l'est d'autant plus aux valeurs qui *conviennent* pour des distances plus courtes, de telle sorte que les vitesses initiales résultantes sont toutes *moindres* que les valeurs respectives convenables.

(C.) S'il arrive que les valeurs successives des vitesses initiales, calculées sur des distances croissantes

avec une différence constante, dès le commencement (les petites distances) aillent en *diminuant* avec des différences *décroissantes* pour ensuite passer à un état *d'accroissement* avec des différences *croissantes*, l'analogie graphique formant ainsi une courbe telle que *p e f* (*Fig.* 8), cela prouve que l'*n* employée a été

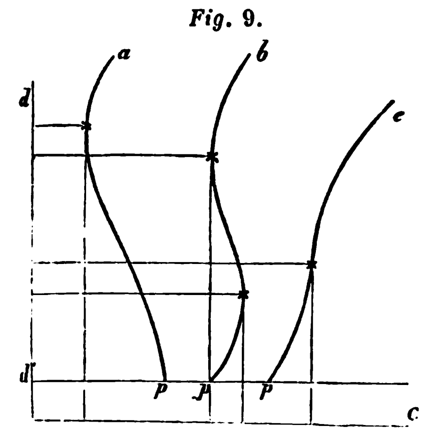
Fig. 8.



dès le commencement, aussi bien que les vitesses calculées, *inférieure*, mais ensuite *supérieure* aux valeurs respectives convenables, et que le point de limite même entre l'ordre croissant et décroissant des vitesses calculées (le point de contact d'une tangente verticale) détermine par son ordonnée la distance pour laquelle l'*n* employée, ainsi que la vitesse initiale calculée (l'abscisse), sont *convenables*.

(D.) S'il arrive enfin pour quelque valeur employée de *n*, que l'ordre des vitesses initiales calculées d'après des distances successives et constamment différentes, aille en *diminuant* avec des différences *croissantes*, ou en *augmentant* avec des différences *décroissantes*, et qu'ainsi la ligne de relation entre les vitesses et les distances soit susceptible d'une inflexion, comme *p a*, *p b* ou *p c* (*Fig.* 9), cela prouve que la va-

Fig. 9.



leur employée de *n* est susceptible d'une modification correspondante, qui *peut* occasionner qu'elle soit convenable, ainsi que les vitesses initiales correspondantes, pour *deux* différentes distances, et alors qu'il peut être appliqué deux différentes tangentes verticales à la ligne de relation susdite (comme pour *p b*).

Relations continuelles entre distances et vitesses initiales convenables, distances et n *convenables, etc.*

Nous allons maintenant prouver comment ce que nous venons de dire et comment les règles ci-dessus établies pourront facilement nous guider pour établir des *relations continuelles* entre les *distances* et les *vitesses initiales convenables*, entre les *distances* et les *n convenables*, entre les *n convenables* et les *vitesses initiales convenables*, etc.

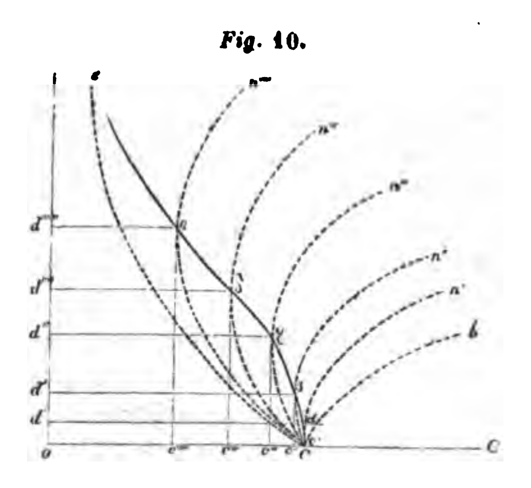
Pour y arriver, nous supposerons, conformément à ce que nous avons dit précédemment, qu'après la substitution de quelques valeurs arbitraires de *n* dans une formule balistique (par exemple celle que nous avons citée plus haut :

$$c^2 = \frac{3\, g\, d}{3 \sin \varphi \cos \varphi - m\, d \sin \varphi}$$

formule dans laquelle m $(= 3/8\, n\, \frac{D'}{D})$ est proportionnelle à n), nous avons calculé deux séries préliminaires des vitesses initiales, l'une continuellement croissante et l'autre également décroissante sur des distances toujours croissantes, et que ces deux séries sont représentées graphiquement par deux lignes de relation C *b* et C *e* (*Fig.* 10) entre les distances et les vitesses initiales calculées, l'une continuellement concave par rapport à l'axe des vitesses, et l'autre

également convexe par rapport aux deux axes. Ces

Fig. 10.



deux lignes indiqueront alors pour les n employées les deux *limites*, l'une tout à fait trop grande, et l'autre tout à fait trop petite, en dedans desquelles il faudra chercher des valeurs *convenables*. Il sera maintenant facile de construire de même et d'après des calculs analogues pour des valeurs intermédiaires de n, n'....n^v des lignes de relation Cn'... Cn^v entre des distances et des vitesses initiales calculées, et ces lignes seront alors généralement susceptibles des valeurs minima des vitesses ou des tangentes verticales, qui, par leurs points de contact a, β, γ, δ, ε, indiqueront pour chaque valeur de n la distance pour laquelle elle est convenable, ainsi que la vitesse initiale qui y correspond. Puisque les vitesses initiales

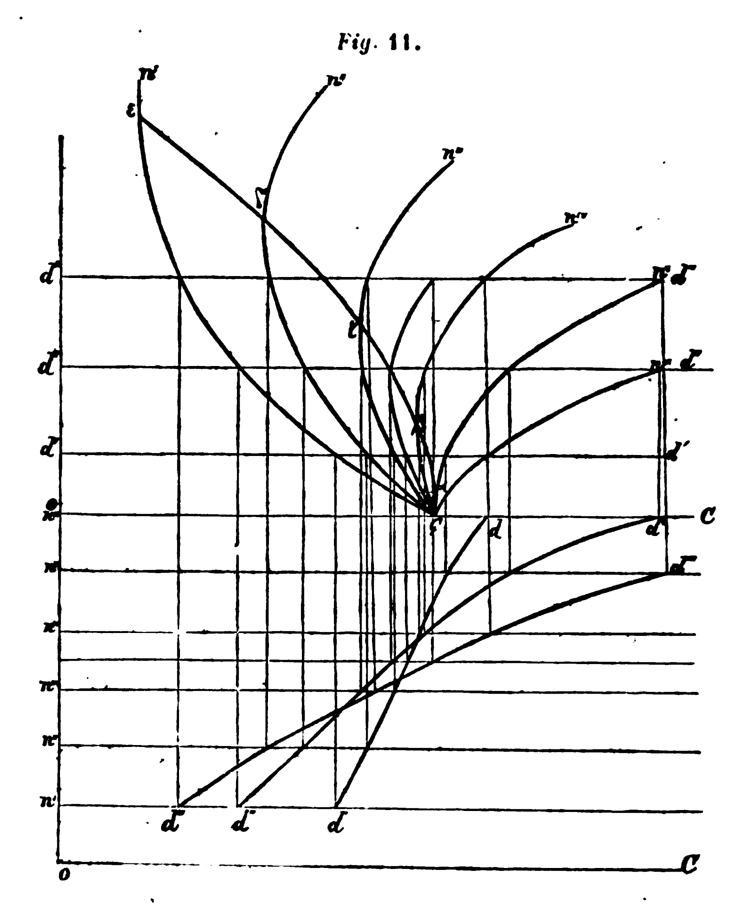
convenables croissent avec des distances décroissantes, et que les vitesses initiales croissent avec les valeurs de n (voir la formule ci-dessus), il faut que les points successifs ε, δ, γ, β, α, appartenant aux lignes des n successivement augmentées, aient les abscisses de plus en plus grandes et les ordonnées de plus en plus petites, jusqu'au point qui appartient à la ligne calculée avec une valeur de n convenable pour la distance o, ou la bouche, point qui doit tomber sur l'axe des abscisses.

Si maintenant tous ces points minima ou points de contact avec des tangentes verticales se combinent par la ligne $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$......, cette ligne exprimera la relation entre des distances d et des vitesses initiales convenables $'c$, ou elle indiquera pour chaque distance d la vitesse initiale $'c$ qu'il faudra substituer dans l'équation générale de la trajectoire $f(x\ y\ c) = o$ correspondant à la formule employée $f(c\ d\ \varphi) = o$, pour obtenir une trajectoire coïncidant mieux qu'aucune autre d'après la même formule avec la trajectoire actuellement parcourue depuis la bouche jusqu'à la distance d.

Pour faciliter convenablement la combinaison des points α, β, γ,...., ou pour tracer la ligne $\alpha\,\beta\,\gamma$...., avec la sûreté désirable, on pourra, comme d'ordinaire, compléter le système des courbes Cn', Cn''...., autant qu'il le faudra, par des courbes intermédiaires, qui donneront autant de nouveaux points minima pour guider le tracé voulu. Il ne faudra pour cela que cou-

per le système primitif par des lignes horizontales $d'd'$, $d''d''$... (*Fig.* 11), de distance en distance, pour opérer

Fig. 11.



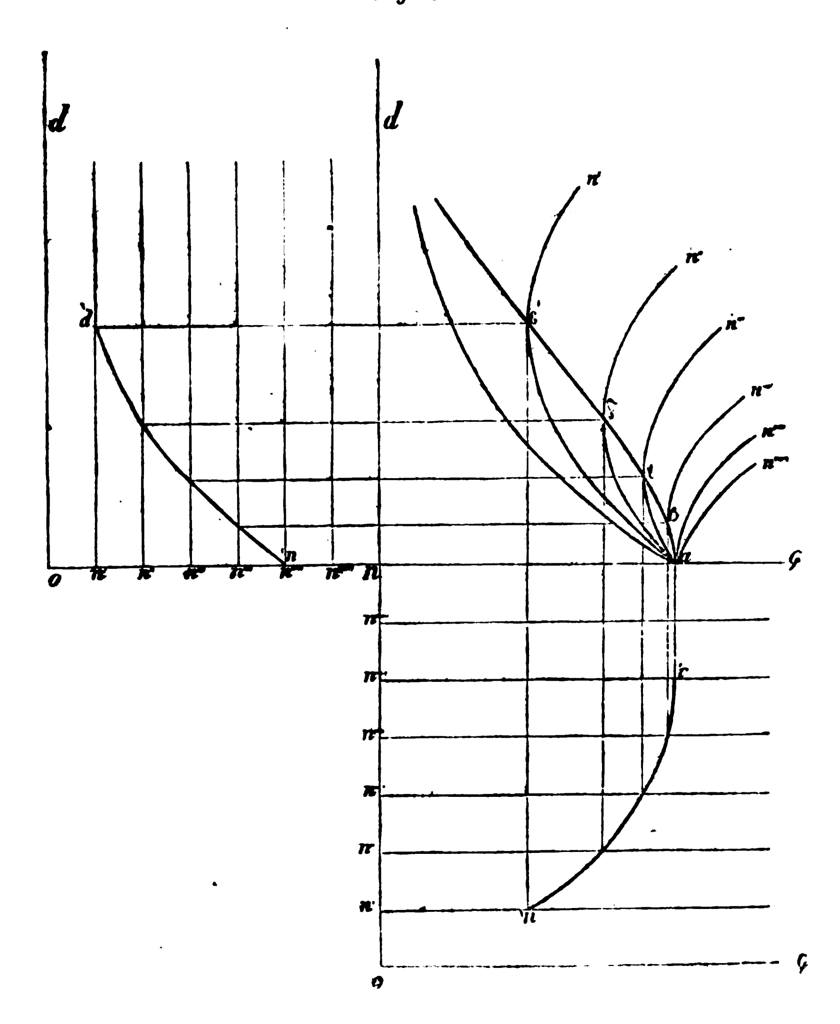
ensuite en bas la projection des points d'intersection entre chaque horizontale et les courbes actuelles, dans

un nouveau système de coordonnées où les abscisses sont les mêmes que dans le système primitif, mais où les ordonnées représentent des valeurs de *n*. Les points projetés pourront maintenant se combiner dans le système nouveau en autant de courbes qu'il y a eu d'horizontales sécantes dans le primitif. Le nouveau système des courbes, exprimant pour quelques distances données les relations continuelles entre les valeurs de *n* et les vitesses initiales, pourra maintenant à son tour être coupé par des horizontales successives partant d'*n* quelconques, et les intersections de chaque horizontale '*n* avec le nouveau système de courbes, pourront ensuite, d'une manière analogue rétrograde, être projetées en haut dans le système primitif des coordonnées sur des horizontales correspondantes, pour se combiner enfin en une courbe intermédiaire pour la valeur voulue '*n*.

La ligne de relation obtenue entre les distances et les vitesses initiales convenables $\alpha\ \varepsilon$ (*Fig.* 12), pourra maintenant, à son tour, être projetée à côté du système des coordonnées *c*-*d* à un système de coordonnées *d*-*n*, où les ordonnées sont celles (*d*) du système primitif, mais où les valeurs de *n* se comptent le long de l'abscisse. Chaque point d'intersection entre la courbe $\alpha\ \varepsilon$ et les lignes de relation primitives, ou chacun des points de contact de ces lignes avec des tangentes verticales, pourra dans ce but être projeté sur l'ordonnée correspondante dans le nouveau système de coordonnées et la combinaison des points projetés for-

mera une courbe φ'n qui exprimera la relation entre

Fig. 12.



les distances et les valeurs convenables de *n*. Cette ligne indiquera ainsi immédiatement la valeur de *n* qu'il faudra, pour une distance quelconque, substituer dans la formule balistique pour obtenir une trajectoire qui coïncide le mieux possible avec la trajectoire véritable du projectile, depuis la bouche jusqu'à la distance en question.

D'une manière tout à fait analogue, la ligne *a t* pourra être projetée en bas dans un système de coordonnées *n c*, dont les abscisses (*c*) sont celles du système primitif, mais dont les ordonnées représentent des valeurs de *n*. De cette manière sera formée une courbe *'n'c*, qui représentera la relation entre les *n* convenables *'n* et les vitesses initiales convenables *'c*, et qui indiquera immédiatement la valeur de l'une des deux quantités qui est correspondante à une valeur donnée de l'autre.

D'après ce qui précède, on pourra, sans qu'il soit nécessaire de s'étendre ici davantage, déduire graphiquement, s'il arrivait qu'on en eût besoin, d'autres relations, par exemple, entre les vitesses initiales et les *n* pour des distances données; entre des distances et des *n* pour des vitesses initiales données; entre des vitesses initiales et des distances pour des *n* données, etc., etc.

APPLICATIONS.

Nous allons passer maintenant à l'application de ce

que nous avons dit précédemment, au problème balistique, et nous chercherons premièrement à déterminer

La vitesse initiale du projectile.

Nous avons trouvé la relation entre les distances et les vitesses initiales convenables, et nous avons prouvé qu'il faudra que ces vitesses convenables croissent pour des distances décroissantes pour se rapprocher de plus en plus de la véritable vitesse initiale. En effet, la valeur convenable n'atteindra l'identité avec la valeur exacte que pour la distance o, mais, quoique la valeur convenable ne puisse se déterminer *directement* pour une distance $= o$, elle sera suffisamment indiquée par l'intersection entre l'axe des abscisses et la ligne de relation établie entre les distances et les vitesses initiales convenables. Le tout dépend de déterminer avec exactitude la courbure de cette ligne aussi près que possible de l'axe des abscisses, pour être autorisé à prolonger la courbe. Pour y parvenir, il est bon de se guider sur l'observation que la vitesse initiale actuelle C doit être un *maximum* des vitesses convenables, et qu'ainsi la courbe doit avoir un *maximum* par rapport à x dans le point $y\ (= d) = o$, $x\ (= 'c) = C$, ou qu'une tangente verticale pourra être donnée à la courbe au point cherché d'intersection. Pour déterminer le point voulu d'intersection, il sera encore utile de considérer que, d'après la formule balistique, la vitesse initiale est indépendante de

n pour y ($= d$) $= o$. Il résulte de cela que la ligne de relation entre les distances (d) et les vitesses initiales (c) pour quelque valeur de n que ce soit, doit passer par le point cherché $d = o$, $c = C$, et qu'ainsi tout l'ensemble des lignes de relation entre les distances et les vitesses initiales doit converger vers ce point.

D'après ce que nous venons de dire du caractère général de ces lignes de relation, on pourrait croire qu'il suffit, pour déterminer la vitesse initiale, de construire seulement *une* ligne de relation avec une valeur quelconque de n, pour déterminer à peu près, d'après sa courbure, le point d'où elle paraît devoir partir; et il ne faudra pas en effet négliger ce procédé facile quand on ne tiendra pas à l'exactitude, ou quand les données de l'expérience permettront de déterminer avec une grande exactitude la courbure dans le voisinage de l'origo de la ligne fondamentale entre les distances et les angles de départ, et, ainsi, permettront de même de donner à la ligne de relation entre les distances et les vitesses initiales la courbure exacte qui lui est propre dans le voisinage de l'axe des abscisses.

Il est néanmoins évident qu'un *système* des lignes de relation entre les distances et les vitesses initiales contribuera essentiellement à déterminer avec plus d'exactitude, par la série de ces points minima, la vitesse cherchée. Il est aussi évident qu'il permettra assez exactement cette détermination sans qu'on soit forcé de s'appuyer sur des observations fondamentales de distances (portées) trop *courtes*.

Cette latitude est d'une conséquence d'autant plus essentielle, qu'une faute dans l'angle de départ, correspondant à une certaine distance, produit dans la valeur calculée de *c* une faute d'autant plus grande que la distance et l'angle correspondant ont été *petits*. Une telle faute dans la détermination de l'angle de départ est du reste d'autant plus facile à faire, que la faute probable du premier point fondamental, ou que l'ensemble des fautes de tous ces points donnés pour le tracé de la ligne de relation fondamentale entre les distances et les angles de départ, laisse douter de l'exactitude de la courbure de cette ligne dans le voisinage de l'origo.

CONSIDÉRATIONS SUR L'EMPLOI DE LA MÉTHODE POUR DES TRAJECTOIRES QUELCONQUES.

Contre la méthode de déterminer la vitesse initiale d'après des relations expérimentalement établies entre les portées et les angles de départ, tels que nous les avons décrits jusqu'ici, il y a à faire cette objection, qu'elle donne seulement la vitesse initiale pour une élévation de 0°, mais non pour des élévations hors de la limite d'où il faut admettre qu'elles augmentent avec les élévations. Cependant la plus grande élévation généralement employée pour le feu peu courbé du tir *direct*, ne dépassant pas sensiblement cette limite, la méthode exposée paraît être immédiatement applicable

pour *le tir direct*. C'est pourquoi nous nous sommes jusqu'ici d'autant plus volontiers contenté de la supposition d'un tir ordinaire de canon, que nous n'avons pas eu d'autres matières sur lesquelles nous pussions fonder une application de la méthode.

Celle-ci nous donne cependant en principe des moyens d'en faire l'application aux feux courbes, avec des élévations qui entrainent des variations dans les vitesses initiales et avec des charges variables.

Pour une telle application de la méthode, il faudra également se fonder sur un tir expérimental préalable, avec différentes élévations, chacune avec différentes charges. Mais outre les points de chute des projectiles, il faudra pour cette application qu'on ait fait observer les passages des projectiles à travers quelques autres plans verticaux. Nous n'essaierons pas ici de proposer des moyens d'y parvenir, voulant seulement indiquer qu'il paraît être possible, pour les petites vitesses que produit ordinairement un feu courbe, de faire de telles observations sans élever de plans *matériels*, excepté pour des observations plus rapprochées de la pièce, où elles pourront se faire par des cadres usuels en fil ou en plomb.

De même que précédemment nous nous sommes fondé sur les indications de l'expérience des portées (d) et des angles de départ y appartenant (φ), de même il faudra se fonder pour le cas en question sur des indications analogues concernant des distances horizontales (x) et des hauteurs du projectile (y) et, au

lieu d'exécuter les calculs successifs des vitesses initiales d'après la formule :

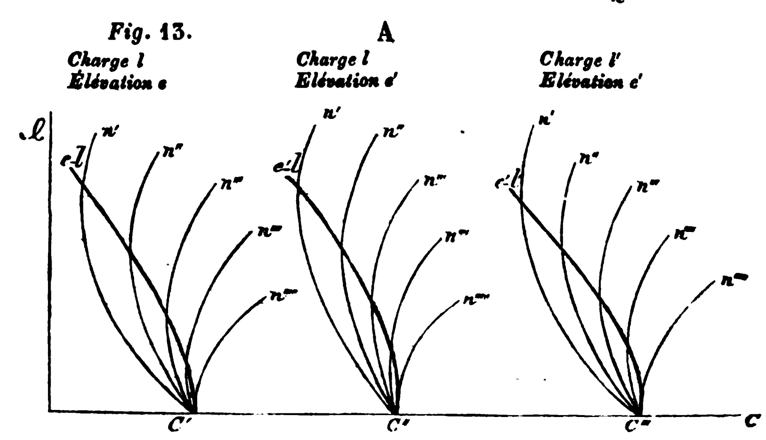
$$c = f\ (d, n, \varphi)$$

nous nous référerons maintenant à une formule :

$$c = f\ (n, x, y, \varphi)$$

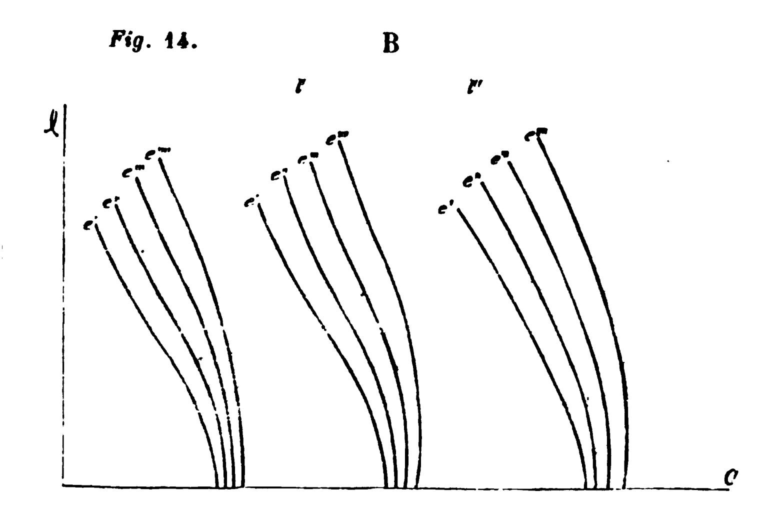
Ce que nous avons dit précédemment, explique comment, pour chaque trajectoire, ou pour chaque combinaison essayée entre des élévations et des charges, il résultera un système de lignes de relation ($c'\,n'$, $c'\,n''$,...... $c''\,n'$, $c''\,n''$......) (*Fig.* 13) entre des vitesses initiales et des distances horizontales pour différentes valeurs de n ($n'\,n''$......). Il résulte encore que chacun de ces systèmes, par la continuité de ses points *minima*, produira des courbes ($c'\,e - l$, $c''\,e' - l$, $c'''\,e'\,l'$.. etc..) exprimant pour chaque combinaison expérimentée des élévations et des charges (e et l, e' et l, e' et l'.. etc...) les relations entre des distances horizontales et des vitesses initiales convenables. Quant à

Fig. 13.



la courbure de ces lignes, quant à leur commun point de convergence etc., ce qui est dit précédemment est également applicable. De ces courbes $c' e — l$, $c'' e' — l$, $c''' e'' — l'$... etc., provenant des groupes A, se pourront maintenant former des groupes B (*Fig.* 14), appartenant chacun à une charge donnée avec différentes élévations (ou, si on le préfère, à une élévation donnée avec différentes charges).

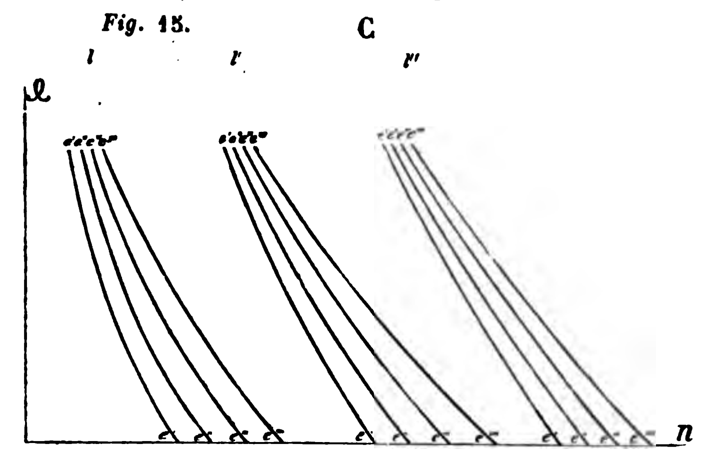
Fig. 14.



En projetant, de la manière indiquée plus haut, les lignes du système A à gauche et en bas dans de nouveaux systèmes des coordonnées $n — x$ et $n — c$, il résultera, pour les différentes élévations, de nouvelles lignes de relation, et des groupes de ces mêmes lignes,

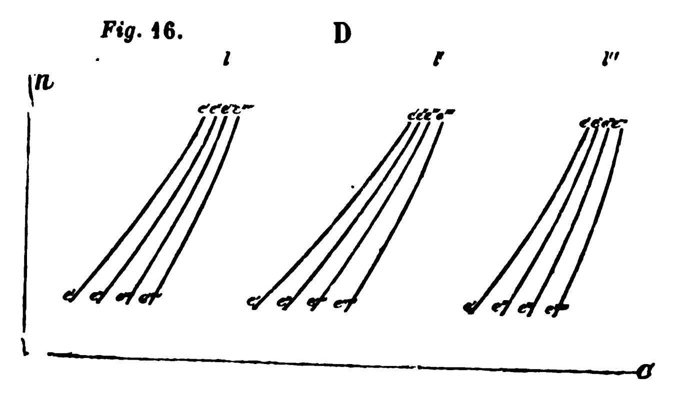
entre des distances horizontales et des n convenables (les groupes C, *Fig.* 15), ainsi qu'entre des vitesses

Fig. 15.



initiales convenables et des n convenables (les groupes D, *Fig.* 16) (un groupe pour chaque charge, ou, si on le préfère, un groupe pour chaque élévation, et chaque ligne pour une charge donnée.) De la manière

Fig. 16.



ordinaire, indiquée également plus haut, ces systèmes ou groupes pourront maintenant être convenablement complétés pour des *e* et des *l* quelconques, entre des limites déterminées par les expériences préalables, de même que les quantités ingrédientes pourront, d'après les circonstances, être convenablement permutées.

Ainsi, par exemple, si l'on suppose les groupes B à côté les uns des autres, avec un axe des ordonnées commun, on pourra par des sections horizontales et successives, à distances successives et arbitraires x' x'' x'''....... former des lignes de relation entre:

c convenable et *l* pour chaque combinaison de *x* et *e*, ou entre :

c convenable et *e* pour chaque combinaison de *x* et *l*.

Si, au contraire, on suppose les groupes B superposés les uns aux autres, avec un axe des abscisses commun, on pourra également par des sections verticales successives, c'est-à-dire pour des valeurs successives et arbitraires des *c* convenables ($'c$ $''c$ $'''c$....) former des lignes de relation entre :

x et *e* pour chaque combinaison de *c* convenable et *l*, ou entre :

x et *l* pour chaque combinaison de *c* convenable et *e*.

De même on pourra du système C déduire des relations entre :

n convenables et *l* pour des combinaisons de *x* et *e*, ou entre :

n convenables et *e* pour des combinaisons de *x* et *l* ; ainsi qu'entre :
x et *e* pour des combinaisons de *n* convenables et *l* ; ou entre :
x et *l* pour des combinaisons de *n* convenables et *e*.

Le système D produira enfin des relations entre :
c convenables et *e* pour des combinaisons entre *n* convenables et *l* ;
ou entre :
c convenables et *l* pour des combinaisons entre *n* convenables et *e* ;
ainsi qu'entre :
n convenables et *l* pour des combinaisons entre *c* convenables et *e* ;
ou entre :
n convenables et *e* pour des combinaisons de *c* convenables et *l*, etc...

Après ces préliminaires on peut voir comment la vitesse initiale pourra généralement être déterminée pour des élévations et des charges variables par rapport à des trajectoires courbes ou à des trajectoires en général. Ce que nous venons de dire prouve en effet que les vitesses initiales actuelles sont justement indiquées par les intersections de l'axe des abscisses avec les lignes des systèmes B. Les relations susdites dérivées de ce système entre :
c convenables et *l* pour des combinaisons de *x* et *e*,
ou entre :
c convenables et *e* pour des combinaisons de *x* et *l*,

donneront ainsi pour $x = o$
des relations entre les *vitesses initiales* actuelles et les *charges*, par rapport à des *élévations* quelconques entre les limites des épreuves du tir préalable, et des relations entre les *vitesses initiales* actuelles (C) et les *élévations* (e) pour des *charges* quelconques, également en dedans des limites expérimentées.

La construction de la trajectoire,

ou la détermination de la hauteur du projectile à une distance quelconque pourra maintenant se faire pour des élévations et des charges quelconques entre les limites des essais, par les relations établies entre des distances et des vitesses initiales convenables, ainsi qu'entre celles-ci et les valeurs convenables de n. Si, par exemple, il était question de la trajectoire provenant de la charge $'l$ et de l'élévation $'e$, sans qu'aucune d'elles ait été employée dans les épreuves du tir préalable, il faudrait premièrement, de ladite manière, intercaler dans les groupes B des courbes de relation pour $'e$ et pour les différentes charges, puis, grouper ensemble ces différentes lignes de relation entre des distances et des vitesses convenables pour l'élévation $'e$ et les différentes charges l' l'' l'''..... Dans ce nouveau groupe, il faudrait ensuite, de la même manière, intercaler une courbe pour $'l$, qui indiquerait alors les relations entre des distances et des vitesses initiales convenables pour la charge $'l$ et l'élévation $'e$. Par cette courbe pourra ainsi être déter-

minée la vitesse initiale convenable pour une certaine distance x'.

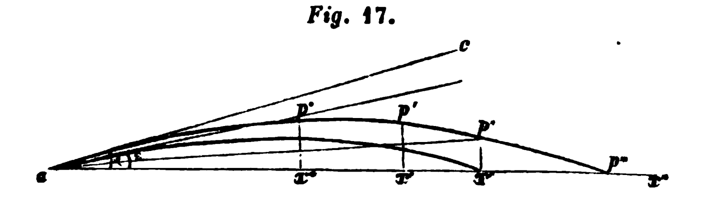
Après avoir complété les groupes du système D d'une manière analogue, pour l'élévation $'e$, et après avoir également complété le groupe, formé par l'ensemble de ces lignes, avec une ligne pour $'l$, on aura une ligne de relation entre n et c pour la charge et l'élévation en question, et cette ligne donnera alors la valeur de n, qui pour cette charge et cette élévation sera *convenable* ou correspondante à la vitesse initiale trouvée.

De ce qui est dit de la signification et du caractère des valeurs convenables de n et c, il résulte, que la substitution des valeurs trouvées de n et de c dans la formule balistique, permettra de calculer la valeur de la hauteur cherchée (y') pour la distance donnée x'. Pour une autre distance (x'') les lignes $x - c$ et $n - c$, formées pour $'e$ et $'l$, donneront également les valeurs convenables de c et de n, et de la substitution de ces valeurs dans la formule balistique résultera la hauteur y'' etc....

Pour les trajectoires peu courbées et pour les grandes charges invariables des *canons*, on peut procéder autrement en s'appuyant sur ce que nous avons supposé pour de telles trajectoires. Supposons que la trajectoire doive être construite pour l'élévation $'e$ (marquée φ sur la figure) et qu'on veuille, pour cette trajectoire, déterminer la hauteur du projec-

tile à la distance x'' (*Fig.* 17) ; supposons encore

Fig. 17.



que l'élévation correspondante à la portée x' sur l'horizon de la bouche soit égale à ε. Il est alors évident, quelle que soit d'ailleurs la situation du point cherché p'' de la trajectoire, et quelle que soit la grandeur de l'angle $c\,a\,p''$ dans la bouche, que la différence entre cet angle et ε ainsi qu'entre $a\,p''$ et x', ne sera pas trop grande pour admettre que les valeurs de c et de n qui *conviennent* à la portée horizontale x'' et à la trajectoire $a\,i\,x'$ avec l'élévation ε, conviennent aussi à la distance de la bouche à p'' sur le plan incliné $a\,p''$, ou à la trajectoire déterminée $a\,p^{\circ}\,p'$. Maintenant, si l'on substitue dans la formule balistique

$$y = f\,(x,\ n,\ c,\ \varphi)$$

pour x l'abscisse x'' du point p'', pour φ l'élévation $'e = c\,a\,x$ de la trajectoire cherchée $a\,p^{\circ}\,p'\,p''\,p'''$, et pour n et c les valeurs trouvées convenables $'n$ $'c$ pour la portée horizontale x'; on pourra calculer l'ordonnée y'' pour le point p'' ou la hauteur du projectile à

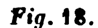
ce point. De même on pourra chercher pour les abscisses successives x^o, x'.... des points p^o, p'....., les valeurs convenables de n et de c pour les portées horizontales x^o, x'.... et les substituer dans la formule indiquée pour déterminer les ordonnées y^o, y'... etc.

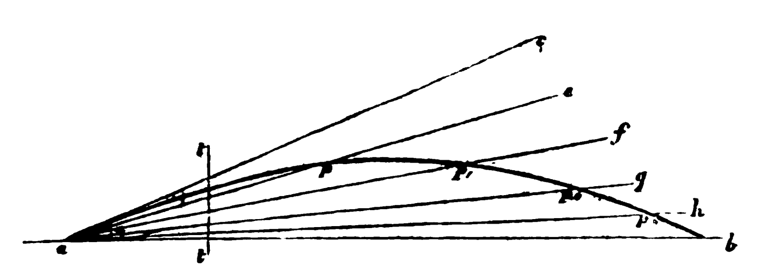
Il est bien évident, d'après la nature des valeurs *convenables* de n et de c, que l'influence de *retard* exercée par la *pesanteur* dans les deux trajectoires $a p^o p' p''$ et $a i x''$ ne présentera pas une différence telle, qu'on ne puisse admettre les mêmes valeurs de n et c pour toutes deux. Mais en outre nous avons encore supposé que la différence entre les deux élévations $c a x$ et ε ne sera pas assez grande pour exiger des valeurs différentes de la *vitesse initiale convenable*, qui d'ailleurs croît dans une moindre proportion que la vitesse initiale actuelle. Cette supposition détermine cependant la limite en dehors de laquelle le procédé susdit ne sera pas admissible, limite qui, d'ailleurs, elle-même paraît se trouver en dehors de la limite des élévations généralement employées dans le *tir direct.*

Pour des trajectoires peu courbées, leur construction pourra souvent, sans calcul, s'effectuer avec assez d'exactitude immédiatement sur les portées et les angles de départ donnés par l'expérience et rapportés à l'horizon de la bouche.

Soit $c a b$ (*Fig.* 18), le plus grand angle de départ qui, pour ce tir, pourra se présenter. Si nous admettons qu'en dedans de cette limite de l'élévation, les portées

sur l'horizon de la bouche pour des angles de départ


Fig. 18.



successifs, se *reproduisent*, sur des plans *inclinés* en dedans de la même limite, pour les mêmes angles de départ, rapportés à ces plans, avec cette restriction toutefois, que l'inclinaison des plans diminue pour des portées croissantes, ou, en d'autres termes, si nous admettons que, sur les lignes inclinées *a e*, *a f*, *a g*, *a h*, pourraient se reproduire les portées horizontales *a p*, *a p'*, *a p''*, *a p'''*, qu'on a obtenues sur l'horizon de la bouche avec des angles de départ respectivement égaux à *c a e*, *c a f*, *c a g*, il suivra qu'on pourrait, de cette manière, construire la trajectoire *a p p' p'' b*, pour le plus grand angle de départ *c a b*, d'après quelques relations connues entre les portées et les angles de départ.

Maintenant, après avoir élevé sur *a b* une échelle tangentielle *t t* pour mesurer l'inclinaison vers *a b* d'une ligne droite quelconque passant par *a*, on pour-

rait réciproquement, par des lignes droites passant par *a* sous des inclinaisons quelconques vers *a c*, couper des trajectoires provenant des angles de départ égaux à ces mêmes inclinaisons. Il sera facile de juger d'avance et d'après une connaissance approximative des portées, si ce procédé est satisfaisant, car plus les points successifs $p\, p'\, p''$..... se trouvent au-dessus de l'horizon, plus grande sera la faute qui résultera de ce qu'on aura négligé pour les plans inclinés $a\,p$, $a\,p'$, $a\,p''$ l'augmentation de la force retardatrice et la diminution de la force accélératrice de la pesanteur. Les fautes, qui d'ailleurs sont d'autant plus grandes, que les portées sont grandes pour la même élévation, c'est-à-dire plus grandes pour de gros calibres, la charge relative restant la même, paraissent en effet pouvoir être négligées pour des calibres et des charges ordinaires.

Du reste, nous nous fondons encore ici sur la supposition que la vitesse initiale actuelle est indépendante de l'élévation jusqu'à la limite *c a b*.

Pour déterminer

L'inclinaison (ψ) *de la tangente de la trajectoire*

à une distance quelconque x' il suffira encore, d'après les principes précédemment établis, de substituer à φ dans la formule balistique

$$x = f\,(n,\ \psi,\ c,\ \varphi)$$

la valeur de l'angle de départ appartenant à la trajec-

toire et à n et c les valeurs convenables pour la distance donnée x', afin d'en déduire la valeur voulue de ψ, ou l'inclinaison de la tangente.

La longueur d'un arc

déterminé s de la trajectoire pourra plus convenablement être calculée par parties avec l'expression approximative connue :

$$\Delta x = \Delta s \cos \frac{\psi' + \psi''}{2}$$

$$\text{Ou} \quad \Delta s = \frac{\Delta x}{\cos \frac{\psi' + \psi''}{2}}$$

après avoir substitué à ψ' et ψ'' leurs valeurs précédemment déterminées, ou les inclinaisons des tangentes aux deux extrémités de l'arc Δs.

Nous allons maintenant déterminer

La vitesse tangentielle

du projectile à la distance quelconque x'.

En effet nous avons vu comment les valeurs convenables de n et de c, pour des distances successives, correspondent aux trajectoires qui, à ces mêmes distances, ont, dans leurs points de contact, des tangentes communes avec la trajectoire véritable ; et l'application de la méthode au canon de 12, telle que nous allons bientôt la décrire, prouve en outre, quant au degré de ce contact, que les *d-c* lignes ont en géné-

ral de très-grands rayons de courbure dans leurs points *minima*, et ces rayons sont d'autant plus grands que ces points correspondent à des distances plus grandes. Cela prouve que les valeurs convenables de n et de c conviennent non-seulement aux distances indiquées par ces mêmes points *minima*, mais encore à des distances contiguës assez considérablement écartées des distances moyennes d, et qui seront d'autant plus écartées que les distances d seront plus grandes. Mais, conformément à ce que nous avons dit précédemment, cette extensibilité des valeurs convenables prouve à son tour que les trajectoires calculées avec ces mêmes valeurs, dans le voisinage de la distance pour laquelle ces valeurs *conviennent*, ont avec la trajectoire véritable une coïncidence également considérable, et qui s'étendra d'autant plus que sera grande la distance à laquelle sont propres les valeurs convenables de n et de c. Une telle coïncidence entre la trajectoire *véritable* et la trajectoire *calculée avec des valeurs convenables*, prouve enfin que la vitesse *calculée* à cette distance doit être conforme à la vitesse *véritable*, et il suffira ainsi, pour la calculer, d'employer les valeurs *convenables* de n et de c dans la formule balistique :

$$v = f\ (c, \varphi, \psi, n, s)$$

où v = la vitesse tangentielle,
ψ = l'inclinaison de la tangente,
s = la longueur de l'arc depuis la bouche jusqu'à la distance donnée,

φ = l'angle du départ du projectile,
après avoir, si l'exactitude voulue le demande, substitué dans cette formule à ψ et s leurs valeurs déterminées de la manière ci-dessus indiquée.

Pour calculer enfin

La durée du trajet du projectile,

jusqu'à une distance donnée, on peut encore admettre, d'après ce qui est dit précédemment, que la durée *calculée* pour une trajectoire avec les valeurs convenables de n et de c, est égale à la durée voulue *actuelle;* et ainsi, pour déterminer la durée du trajet du projectile, jusqu'à une distance donnée, on n'aura qu'à introduire dans la formule balistique les valeurs de n et de c qui sont *convenables* à cette distance.

Pour une portée déterminée de la trajectoire, on peut se servir de l'expression approximative

$$\Delta t = \Delta s : \frac{\psi' + \psi''}{2}$$

après y avoir introduit des valeurs préliminairement calculées (voir ci-dessus) de ψ' et ψ'' ou des inclinaisons des tangentes au commencement et à la fin de la trajectoire déterminée.

Nous nous bornerons à ce qui est dit pour indiquer les applications de la méthode « *avec des valeurs convenables* » sur le problème balistique. En effet, il

pourra se présenter dans ce problème d'autres questions à résoudre; mais la solution dépendra toujours des applications que nous venons de citer.

Je veux seulement ajouter la remarque, qu'après avoir déterminé pour un point quelconque de la trajectoire la vitesse du projectile et l'inclinaison de la tangente, on pourra, en partant de ce point comme d'une bouche nouvelle, se former une nouvelle relation entre des distances et des *n* convenables, et déterminer ainsi la valeur convenable de *n* pour la bouche même ou pour la nouvelle vitesse initiale, et de même pour un point et une vitesse quelconques. D'une telle manière on pourrait parvenir à établir une relation *continuelle* entre des *vitesses* et de *n* pour le projectile en question, et à former ainsi des tableaux correspondants à celui qui, pour le calibre de 1, est établi par Hutton.—Il faut remarquer enfin que la méthode indiquée paraît entraîner l'avantage de pouvoir employer, sans sacrifier l'exactitude, les formules *approximatives* de la balistique, parce que la faute de l'approximation pourra sans inconvénient être comprise dans la faute balistique générale, et que la faute totale pourra être éliminée par le traité de la méthode. Il faut cependant observer sur ce point, que la même approximation, qui a été admise pour le calcul des valeurs convenables, doit aussi être admise pour les applications diverses qui se feront avec ces valeurs calculées.

APPLICATION

DE LA MÉTHODE AU CANON DE 12 SUÉDOIS.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

ÉTUDE

SUR

LE PROBLÈME BALISTIQUE,

PAR

C. G. LAGERCRANTZ

Officier d'état-major de l'artillerie suédoise.

Avec 2 Planches.

APPLICATION

DE LA MÉTHODE AU CANON DE 12 SUEDOIS.

APPLICATION

DE LA MÉTHODE AU CANON DE 12 SUÉDOIS.

Pour mieux expliquer ce que nous avons dit précédemment, il nous reste à en faire une application, et nous choisirons, à cet effet,

Le canon Suédois de 12, *modèle de* 1831,

Calibre : 44 lignes décimales; vent : 1,5 l. d.; longueur de l'âme : 665 l. d.; charge : 4 livres (1).

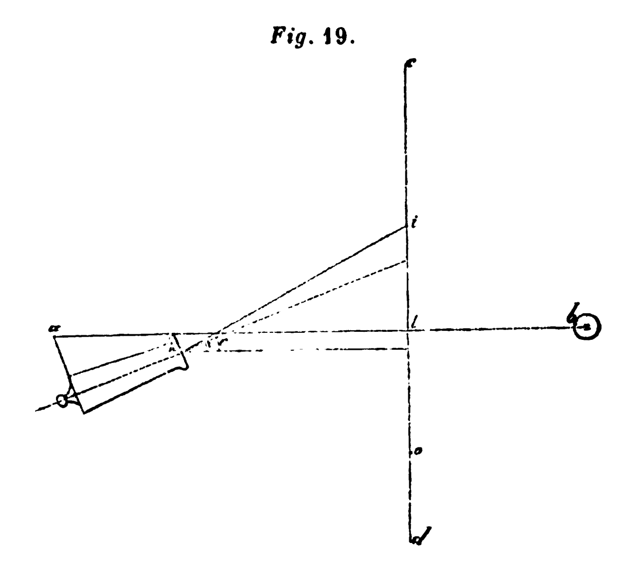
(1) 1 *aune* = 2 *pieds* = 0,m593676.
1 *pied* = 10 *pouces* = 0m,296838.
1 *pouce* = 10 *lignes décimales* = 29mm,6838.
1 *ligne déc.* = 10 *points* = 2mm,96838.
1m = 3p,3688 = 33pou.,688 = 336lig.,88 = 3368poi.,8.
1 *livre* = 0k,4251.
1k = 2liv.,3523

Les expériences du tir et leur discussion.

Nous nous fonderons sur le tir expérimental exécuté pendant l'automne de 1850 sur « *Ladugårds-gärdet* » avec des boulets et des charges pleines, par l'école d'application militaire à « *Mariæberg.* »

Ce tir, dont du reste le but était de prouver si les angles de départ s'écartaient des élévations de l'axe de l'âme de quelque manière *régulière* ou dépendant de ces élévations, fut exécuté avec plusieurs élévations (0°, 30', 1°, 1° 30', 2°, 2° 30', 3°). La ligne du tir fut nivelée, et, pour l'observation des angles de départ

Fig. 19.



des projectiles, il fut appliqué devant la bouche un cadre garni de fils, tendus horizontalement avec des intervalles de 2,05 *lignes décimales*. On fit le pointage pour toutes les élévations, excepté pour 0°, avec la hausse, sur un point de mire *b* (*Fig.* 19), mis de niveau avec la hauteur du bouton de mire. Après avoir pointé, on mit le cadre dans la potence et on observa dans le plan des fils *cd*, au point *t*, la trace de la ligne de mire toujours horizontale. On tira et on observa la pénétration en *i* du centre du boulet par le milieu des fils coupés, et on obtint ainsi l'angle de départ *v* par l'expression :

$$J - (T - K \cos e) = A \operatorname{tang} v$$

dans laquelle :

K signifie : la distance entre le bouton de mire et l'axe de l'âme ;

A signifie : la distance entre le cadre et le bouton de mire ;

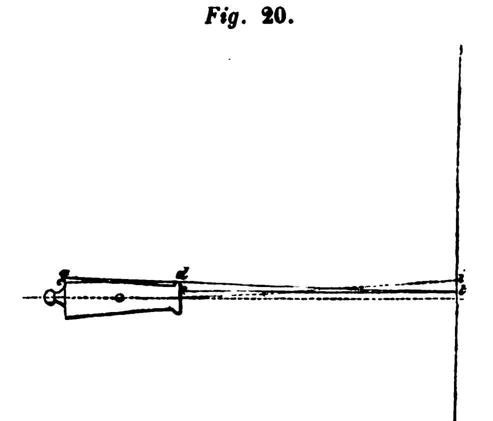
J signifie : la hauteur à laquelle a pénétré le centre du boulet ;

T signifie : la hauteur de la trace de la ligne de mire.

Pour *o*° on ajusta, avec un bon niveau, placé sur une règle en fer, l'axe de l'âme dans une position

horizontale et on observa ensuite la trace *t* (*Fig.*20)

Fig. 20.



dans le plan des fils de la ligne de mire naturelle, ce qui donna :

$$J - (T + \alpha) = A \text{ tang } v$$

$$\text{Où} \quad \alpha = de - K = \frac{ac.\ A}{c\ d} - K$$

Les tableaux ci-joints présentent toutes les indications du tir, jusqu'à la première chute du projectile. Ces tableaux font voir qu'on a tiré les séries suivantes avec différentes élévations, savoir :

Avec l'élévation 0° : 2 séries à deux reprises diffé-

rentes et par différentes personnes, la première de 10 coups et la seconde de 17, en ne tenant compte dans la première expérience que de 9 coups et dans la seconde de 14, pour la détermination de l'angle de départ (1);

Avec 30', également 2 séries, de 10 coups chacune, dont on a été de même obligé d'exclure, de la première 2 coups et de la deuxième 1 coup;

Avec 1°, également 2 séries de 10 coups chacune, dont on a aussi exclu, de la première 1 coup et de la seconde 3 coups;

Avec 1° 30', 1 série de 10 coups, de laquelle il fallait exclure 1 coup pour la détermination de l'angle de départ;

Avec 2°, 2 séries de 10 coups chacune;

Avec 2° 30', 1 série de 10 coups pour un desquels la première chute n'a pas été observée.

Avec 3°, 2 séries de 10 coups chacune, dont, pour la détermination de l'angle de départ, il a fallu exclure, de la première 1 coup et de la seconde 2 coups.

(1) En général, on a cru ne pas devoir tenir compte des coups pour la détermination de l'angle de départ, toutes les fois que le fil le plus élevé ou le fil le plus bas a été coupé, ou toutes les fois que le nombre des fils coupés a dépassé le nombre des fils correspondant au diamètre du boulet.

Les *fautes probables*, tant pour la détermination de la distance moyenne à la chute du projectile, que pour la tangente de l'angle de départ, telle qu'elle a été mesurée sur le plan de fil, sont calculées d'après la formule connue :

$$\varepsilon_{,} = \tfrac{2}{3}\sqrt{\frac{\Sigma\,\varepsilon^2}{(m-1)m}}$$

Où $\varepsilon_{,}$ = la faute probable du *médium*,
ε = la faute de chaque observation,
m = le nombre des observations.

Les résultats sont contenus dans le tableau ci-après où

d = les distances,
φ = l'angle de départ du projectile avec le plan horizontal,
φ' (= φ ± l'angle du terrain) = l'angle de départ du projectile avec la ligne qui va de la bouche à feu au point de chute,
$J - T$ = la distance observée entre la trace de la ligne de mire et l'endroit du passage du projectile dans le cadre.

		d		LIMITES des valeurs probables de *d*.		J-T exprimé en intervalles de fils.		LIMITES des valeurs probables de φ.		Inclina. moyenne de la ligne qui va de la bouche à feu au point de chute moyenne.	LIMITES des valeurs probables de φ'.	
		Méd.	ε,	Max.	Min.	Med.	ε,	Max.	Min.	»	Max.	Min.
		Aunes.		Aunes.								
0 élév.	Ire Série. . . .	443,4	10,77	454,17	432,63	18,50	0,215	0° 3'52"	0' 2'19"	21'47"	0°25'39"	0°24' 6"
	Les 2 S. réunies.	453,6	6,54	460,14	447,06	18,56	0,272	0° 3'52"	0° 1'54"	21'18"	0°25'10"	0°23'12"
	2e Série. . . .	459,0	8,32	467,32	450,68	18,61	0,326	0° 3'53"	0° 1'32"	21' 3"	0°24'56"	0°22'35"
30' élév.	Ire Série. . . .	780	32,0	812	748	17,35	0,137	0°33'52"	0°32'53"	16'35"	0°50'27"	0°49'28"
	Les 2 S. réunies.	780	16,36	796,36	763,64	17,26	0,091	0°34' 1"	0°32'21"	16'35"	0°50'36"	0°49'56"
	2e Série. . . .	780	14,22	794,22	765,78	17,16	0,126	0°34'31"	0°33'36"	16'35"	0°51' 6"	0°50 11"
1° élév.	1re Série. . . .	1170	36	1206,4	1134,4	7,39	0,276	1°13'59"	1° 8'23"	8'57"	1°22'56"	1°17'20"
	Les 2 S. réunies.	1117,6	21,32	1138,9	1096,3	8,09	0,248	1° 7'43"	1° 5'56"	10'40"	1°18'23"	1°16'36"
	2e Série. . . .	1065	18,8	1083,6	1046	9,0	0,272	1° 4'32"	1° 2'34"	10'45"	1°15'17"	1°13'19"
1° 30' élévation.		1346	24,6	1370,6	1321,4	1,0	0,304	1°40'44"	1°38'34"	6'57"	1°47'41"	1°45'31"
2° élév.	1re Série. . . .	1554	28,6	1582,6	1525,4	7,6	0,38	2° 4'52"	2° 1'45"	6'56"	2°11'48"	2° 8'41"
	Les 2 S. réunies.	1554,5	18	1572,5	1536,5	7,525	0,41	2° 4'42"	2° 1'45"	6'56"	2°11'38"	2° 8'41"
	2e Série. . . .	1555	23,2	1578,2	1531,8	7,45	0,15	2° 3'30"	2° 2'25"	6'56"	2°10'26"	2° 9'21"
2° 30' élévation.		1866	51,4	1917,4	1814,6	16,3	0,258	2°35'50"	2°33'58"	12'59"	2°48'49"	2°46'57"
3° élév.	1re Série. . . .	2069	48,3	2117,3	2020,7	23,72	0,294	3° 2'42"	3° 0'35"	17'27"	3°20' 9"	3°18' 2"
	Les 2 S. réunies.	2030,6	37,4	2068	1993,2	23,7	0,138	3° 1'40"	3° 1' 0"	17'30"	3°19'10"	3°18'30"
	2e Série. . . .	1993	59,4	2052,4	1933,6	23,625	0,429	3° 2'51"	2°59'45"	17'33"	3°20'24"	3°17'48"

Ligne des relations entre les portées et les angles de départ. Pl. I.

D'après ce tableau, on a déterminé sur la pl. I les points fondamentaux des relations entre les portées sur l'horizon de la bouche et les angles de départ, chacun de ces points avec les fautes probables appartenant tant à l'ordonnée qu'à l'abscisse. Ainsi chaque point est représenté par un *carreau*, indiquant la latitude permise pour le tracé de la ligne de relation entre les portées et les angles de départ. Pour donner un moyen de pouvoir encore mieux juger de l'exactitude de la ligne ou de sa courbure, on a construit, pour les élévations avec lesquelles plusieurs séries de coups ont été tirées à différentes reprises, des *carreaux de fautes* pour chaque série *séparée*, ainsi que pour les deux séries *réunies*.

En considérant les deux séries comme une seule, on accorde en effet la même valeur à chacune d'elles; mais en les considérant séparément, il peut résulter qu'on soit obligé d'attribuer à chacune différentes valeurs (les valeurs étant en général proportionnées aux carrés des fautes probables). Il paraît ainsi, par exemple, pour le troisième point, avec 1° d'élévation, qu'il appartient à la première série un carreau de fautes beaucoup moins grand que celui qui appartient à la seconde, d'où il résulte que le premier carreau doit être coupé plus diagonalement que

le second, ou que la courbe, à son passage par le carreau *moyen* (on nomme ainsi le carreau qui appartient aux deux séries réunies), doit approcher plutôt du petit que du grand carreau.

Pour le tracé de la ligne de relation en question, on a ainsi procédé :

Après un tracé approximatif, basé sur l'ensemble des carreaux et sur l'origo (tracé, comme on le verra, dont il n'est guère possible de s'écarter beaucoup, en considérant que la ligne ne pourra obtenir aucune inflexion et que les rayons de courbure doivent aller en diminuant avec les distances), on s'est fondé sur les trois données fondamentales prises dans le voisinage des points les plus sûrs, ou sur les ordonnées appartenant aux abscisses de 400, 800 et 1,600 *aunes* dans le voisinage des points 1, 2 et 5. Les valeurs d'ordonnées, considérées comme valeurs des 5me, 9me et 17me termes d'une série arithmétique de troisième ordre, admettent maintenant une interpolation arithmétique d'après la formule :

$$y_m = y + m\,\Delta y + m\,\frac{(m-1)}{2}\,\Delta^2 y + m\,\frac{(m-1)}{2}\,\frac{(m-2)}{3}\,\Delta^3 y.$$

après une détermination préalable des valeurs de Δy, $\Delta^2 y$ et $\Delta^3 y$. Par cette interpolation on a ainsi obtenu des valeurs exactes des ordonnées ou des angles de départ pour chaque 100 *aunes*.

Pour des portées, en dedans de 100 *aunes*, on a formé ensuite, d'une manière analogue, des termes nécessaires pour un tracé exact de la courbe.

Pour une telle interpolation arithmétique on est encore guidé, premièrement par cette observation, que, d'après la nature générale de la courbe, Δy, $\Delta^2 y$, et $\Delta^3 y$ doivent être *positives*, parce qu'il faut que la courbe soit convexe par rapport à l'axe des abscisses et qu'elle ne subisse aucune inflexion. Mais outre cela, en essayant d'abord, d'après la méthode indiquée, de calculer la vitesse initiale avec des valeurs arbitraires de n sur quelques courtes portées, par exemple 50, 100 et 150 *aunes*, et sur les angles de départ qui leur appartiennent, on aura encore par là un moyen de prouver l'exactitude de la courbure de la ligne par la connaissance générale des valeurs de n. En effet, la valeur convenable de n pour une distance donnée, par exemple 50 *aunes*, varie, en même temps que les différentes lois de relation entre les portées et les angles de départ, dans une proportion beaucoup plus grande que les vitesses initiales convenables, de sorte que si, par suite d'une ligne fautive de relation entre des portées et des angles de départ, la vitesse convenable pour 50 *aunes* était trop petite, la valeur convenable de n le serait encore plutôt et plus éloignée de la valeur qui, à la rigueur, appartient à la vitesse calculée. Un exemple expliquera ce que nous venons de dire. En nous appuyant sur les relations fondamentales suivantes, qui ne sont pas tout à fait

justes, pour le canon de 12 (comparez pl. I et le tableau ci-dessous), savoir :

pour une portée de 800 *aunes*, un angle de départ de 53′ (au lieu de 51′ 20″);

pour une portée de 1,400 *aunes*, un angle de départ de 1° 48′ (au lieu de 1° 50′);

pour une portée de 2,000 *aunes*, un angle de départ de 3° 2′ (au lieu de 3° 7′ 28″),

et après avoir établi une interpolation graphique, nous obtenons, par l'application de la formule balistique d'après la manière indiquée, le résultat : qu'une valeur de *n* égale à 0, 5 est déjà *trop grande* même pour la distance la plus courte et pour une vitesse initiale d'environ 1,400 P, résultat qui évidemment paraît être fautif d'après la connaissance générale qu'on a de la valeur relative de *n*, par les essais de Hutton et d'autres. La faute adoptée dans le système des relations fondamentales entre les portées et les angles de départ est également prouvée par les données de l'expérience pour les autres points fondamentaux. Ainsi, par exemple, l'angle de départ calculé ou interpolé pour 400 *aunes* atteint une valeur de 24′ 15″ au lieu de 22′, et la courbe calculée a évidemment obtenu une courbure trop grande (des rayons de courbure trop petits), d'où il est résulté une vitesse initiale trop petite. Cette manière de mettre en évidence une faute dans le tracé ou dans la courbure de la ligne de relation fondamentale, paraît surtout être utile quand les points fondamentaux du

tir préalable sont en petit nombre, ou quand de grandes *fautes probables* laissent trop d'incertitude pour le tracé de la ligne, et, ce qui revient au même, pour la détermination de la série des relations entre les portées et les angles de départ.

Cette épreuve de la précision de la relation susdite fondamentale, pourrait se faire *exactement* dès qu'on aurait formé, de la manière indiquée précédemment, un tableau à la Hutton des valeurs exactes de *n* pour le calibre en question, c'est-à-dire, dès qu'on aurait une fois exécuté avec ce calibre un tir expérimental d'une exactitude et d'une étendue suffisantes. On connaîtrait dès lors les valeurs *justes* de *n* pour des vitesses différentes, et si, maintenant, pour un cas particulier, il arrivait que la vitesse initiale calculée ne correspondît pas avec la valeur juste de *n*, ou si, en d'autres termes, la ligne *d*–*c* (entre des distances et des vitesses initiales), qui a son point *minimum* sur l'axe des abscisses, n'appartenait pas à cette valeur de *n* qui, d'après ce tableau, appartient exactement à l'abscisse de ce point ou à la vitesse calculée, cela prouverait que la loi de relation préalablement établie entre des distances et des angles de départ aura été fautive. Pour l'exemple dont on s'occupe ici, on n'a pas pu s'appuyer sur une telle connaissance préliminaire de *n*, mais cela paraît être compensé par le grand nombre des bons points fondamentaux du tir. En considérant les conditions susdites générales pour une ligne de relation entre les

portées et les angles de départ, nous sommes, en effet, après quelques tâtonnements, parvenus à une série de relations, déterminée par les données suivantes, prises dans le voisinage des points immédiatement donnés par l'expérience, sans qu'il nous soit resté presque aucun choix pour déterminer autrement cette relation ou pour tracer autrement son expression graphique, savoir :

Pour la distance	0 —	l'angle de départ	0′ 0″
—	400 aun.	—	22′ 0″
—	800 —	—	51′ 20″
—	1100 —	—	1° 18′ 24″
—	1400 —	—	1° 49′ 59″
—	1600 —	—	2° 13′ 40″
—	1800 —	—	2° 39′ 29″
—	2000 —	—	3° 7′ 28″

L'exactitude de cette série des relations entre des portées et des angles de départ que nous avons ainsi établie, paraît encore être prouvée par la comparaison faite avec les essais de Hutton et d'autres. En effet, nous avons trouvé que celle des lignes *d–c* (entre des distances et des vitesses initiales), qui a son point minimum sur l'axe des abscisses, appartient à une valeur de $n = 2,1$, ce qui prouve que $n = 2,1$ *convient* pour la vitesse initiale *actuelle* du boulet de 12, — résultat qui paraît se conformer assez bien avec les expériences qui se sont faites pour déterminer les valeurs de n pour des vitesses différentes.

Lignes des n *ou* d-c- *lignes, et la ligne de relation entre des distances et des vitesses initiales convenables, Pl. II, fig.* 1.

Après avoir ainsi tracé la ligne fondamentale (pl. I), nous avons procédé à l'application de la méthode, et premièrement calculé, pour quelques valeurs différentes de n, des séries de relation entre des vitesses initiales et des distances. A cet effet, nous avons employé la formule précédemment citée :

$$c^2 = \frac{3\,g\,k\,d}{3\,g\,k \sin\varphi \cos\varphi - d \sin\varphi}$$

après avoir calculé pour le boulet de 12

$$k\,(= 1/m) = \frac{8\,r\,D}{3\,n\,D'} = \frac{3026{,}98}{n}$$

Le tableau suivant contient l'ensemble des éléments employés pour ces calculs successifs :

n.	Log. 3 *k*.	Log. 3 *g* *k*.
0,5	4,25916	5,47754
0,8	4,05504	5,27342
1,0	3,95813	5,17651
1,2	3,87895	5,09733
1,5	3,78204	5,00042
1,6	3,75401	4,97239
1,7	3,72768	4,94606
1,8	3,70286	4,92124
1,9	3,67938	4,89776
2,0	3,65710	4,87548
2,1	3,63591	4,85429
2,2	3,61571	4,83409
2,5	3,56019	4,77857
3,0	3,48101	4,69939

d.	φ en secondes.	φ en degrés, minutes, etc.	Log. sin φ cos φ.	Log. d.	Log. d sin φ.	d sin φ.
Pieds.						
20	27,838	27″838	6,13024	1,30103	7,43124	0,00270
100	141,792	2′21″ 79	6,83722	2	8,83722	0,06874
200	290,117	4′50″ 12	7,14812	2,30103	9,44915	0,28129
400	606,56	10′ 6″ 56	7,46845	2,60206	10,07051	1,1763
600	949,73	15′49″ 73	7,66316	2,77815	10,44131	2,7626
800	1320	22′	7,80644	2,90309	10,70923	5,1195
1000	1717,77	28′37″ 77	7,92054	3	10,92053	8,3278
1200	3143,44	35′43″ 44	8,01665	3,07918	11,09586	12,4700
1400	2597,4	43′17″ 38	8,10022	3,14613	11,24639	17,6358
1600	3080	51′20″	8,17406	3,20412	11,37823	23,8910
1800	3591,7	59′51″ 68	8,24078	3,25527	11,49612	31,3417
2000	4135,8	1° 8′52″ 8	8,30484	3,30103	11,60293	40,0803
2200	4703,8	1°18′23″ 8	8,35796	3,34242	11,70050	50,1765
2400	5305	1°28′25″	8,41000	3,38021	11,79042	61,7191
2600	5936,8	1°38′56″ 8	8,45890	3,41497	11,87405	74,8256
2800	6599,7	1°49′59″ 7	8,50482	3,44716	11,95220	89,5777
3000	7293,9	2° 1′33″ 9	8,54848	2,47712	12,02557	106,065
3200	8020	2°13′40″	8,58934	3,50515	12,09479	124,392
3400	8778,3	2°26′18″ 25	8,62844	3,53148	12,16032	144, 54
3600	9569,1	2°39′29″ 08	8,66581	3,55630	12,22258	1[illegible],948
3800	10391,9	2°53′11″ 9	8,70495	3,57978	12,28228	191,550
4000	11248,1	3° 7′28″ 05	8,73578	3,60206	12,3384[illegible]	218,017

Sur la pl. II se trouvent maintenant, fortement tracées, des lignes *d–c* de relation entre des distances et des vitesses initiales calculées sur ces distances, une ligne pour chaque valeur de n, depuis $n = 3$ jusqu'à $n = 0,8$. Les points calculés sont marqués avec un * et se trouvent indiqués dans le tableau suivant :

VALEURS employées de *n*.	DISTANCE sur laquelle est calculée la vitesse initiale.	VITESSE initiale calculée.
	Pieds.	
3	20	1570,52
	400	1609,8
	800	1676,15
2,5	20	1569,64
	400	1589,77
	800	1628,1
	1200	1688,35
2,2	20	1569,1
	400	1578,06
	800	1601,2
	1200	1640,8
2,1	20	1568,9
	100	1569,1
	400	1574,24
	800	1592,5
	1200	1625,7
	1600	1677,12
2	20	1568,8
	100	1568,2
	200	1568,27
	400	1570,5
	600	1575,65
	1000	1595,7
	1800	1682,8
1,9	20	1568,6
	200	1566,48
	400	1566,61
	1000	1584,57
	2000	1684,77
1,8	20	1568,4
	400	1562,9
	600	1563,8
	1000	1573,65
	2000	1653,7

VALEURS employées de *n*.	DISTANCE sur laquelle est calculée la vitesse initiale.	VITESSE initiale calculée.
	Pieds.	
1,5	20	1567,93
	400	1551,8
	800	1543,27
	1000	1542,2
	1200	1543,24
	1600	1551,93
	2000	1570,0
	3000	1668,7
1,2	1400	1501,66
	1600	1499,08
	1800	1497,72
	2000	1497,82
	2200	1499,8
	2400	1503,65
	3600	1566,25
1	20	1567,05
	1200	1483,35
	2000	1454,9
	2400	1448,58
	2600	1447,1
	2800	1446,97
	3000	1448,1
	4000	1474,62
0,8	20	1566,7
	1000	1475,57
	2000	1415,5
	3000	1381,5
	3600	1372,1
	3800	1370,1
	4000	1370,4

En coupant le système calculé des *d-c* lignes par des sections successives horizontales, correspondantes aux distances depuis 100 jusqu'à 1800 *aunes*, et en rapportant les points d'intersection sur les horizontales correspondantes d'un autre système des coordonnées, où les abscisses sont les mêmes que dans le premier système, mais où les ordonnées mesurent les valeurs de *n*, nous sommes parvenus, dans la fig. 2, à un système de *n-c* lignes, ou de lignes de relation entre des valeurs de *n* et des vitesses initiales pour des distances différentes. En coupant de nouveau et d'une manière analogue ce nouveau système par des sections horizontales, et en rapportant les points d'intersection aux horizontales respectives du premier système, nous avons obtenu dans celui-ci des lignes intermédiaires pour des *n* quelconques, propres à faciliter la combinaison des points minima. Ces lignes se trouvent faiblement tracées dans la fig. 1.

La vitesse initiale.

La combinaison des points *minima* du système, fig. 1, nous a maintenant donné la ligne C'C, exprimant la relation entre des *distances* et des *vitesses initiales convenables*. Le point d'intersection de cette ligne avec l'axe des abscisses, point vers lequel toutes les lignes *d-c* convergent, indique maintenant que la vitesse initiale *actuelle* du boulet de 12 pour le ca-

non suédois et la charge pleine de 4 liv. (= 2,7) est de

1569 pieds (465^m,82) (1).

Transformations graphiques, Pl. II.

A l'aide des lignes primitives *d–c*, fig. 1, la ligne C'C est ensuite rapportée : 1° à un système de coordonnées, fig. 3, dont les abscisses représentent des valeurs de *n* convenables ('*n*) et les ordonnées représentent des distances ; 2° à un système de coordonnées, fig. 2, dont les abscisses représentent des vitesses initiales convenables '*c*, et les ordonnées des valeurs de *n* convenables '*n*. La ligne '*c* '*n* qui en résulte forme aussi la développée du système susdit des *n-c* lignes (*voir* la fig.).

(1) En calculant la vitesse initiale d'après les formules de M. Didion (§ 89, pag. 408 du *Traité de balistique*), lesquelles servent à déterminer vitesse et angle de projection d'un projectile qui doit passer par deux points donnés, on obtient :

en se fondant sur la trajectoire actuelle (pl. III), provenant d'un angle de départ de 3°, et les points

$$\begin{cases} x = 400^p & (118^m,72) \\ y = 19,70 & (5,847) \end{cases} \text{ et } \begin{cases} x' = 1200^p & (356^m,16) \\ y' = 50,41 & (14,96), \end{cases}$$

la vitesse initiale = 1575p (467^m,6),

et l'angle de départ = 2° 59′ 30″.

Sur les points de la trajectoire

$$\begin{cases} x = 800^p & (237^m,44) \\ y = 36,8 & (10,91) \end{cases} \text{ et } \begin{cases} x' = 1600^p & (474^m,88) \\ y' = 59,95 & (17,793), \end{cases}$$

on obtient :

la vitesse initiale = 468^m,9,

et l'angle de départ = 2° 59′ 20″.

Construction de la trajectoire, Pl. III, fig. 1.

Sur la pl. III, fig. 1, la trajectoire a été construite d'une manière directe, à l'aide des données fondamentales, sur les portées et les angles de départ, de sorte qu'à la ligne *o p* a été marquée la portée horizontale provenant d'un angle de départ avec l'horizon égal à *c o p*, sur la ligne *o p'*, la portée horizontale appartenant à un angle de départ égal à *c o p'*... etc...

L'influence de la pesanteur pour retarder un projectile lancé sur un plan incliné, plus qu'elle ne le retarde sur un plan horizontal, pourra évidemment être négligée dans les inclinaisons en question ; aussi bien qu'on pourra ne pas tenir compte des légères modifications qu'elle apportera dans les vitesses initiales pour des élévations en dedans de 3°.

La relation entre les distances et les vitesses restantes, Pl. III, fig. 2, et idem entre les distances et les durées des trajets.

Sur la même planche sont aussi construites : 1° la ligne de relation *h h* entre des distances et des vitesses tangentielles, et 2° la ligne *t t* entre des distances et des durées de trajet appartenant à ces mêmes distances. Les points marqués * sont calculés, pour la première ligne, d'après la formule

$$u = \frac{c \cos a}{\cos v \,.\, e^{\frac{m\,s}{2}}}$$

après y avoir substitué à c et à n les valeurs convenables pour des distances successives et après avoir accepté la supposition $\frac{\cos a}{\cos v} = 1$ et $s = x$, d'où découle la formule simplifiée :

$$u = \frac{c}{e^{\frac{m x}{2}}}$$

Pour la seconde ligne, les points fondamentaux sont également calculés avec les valeurs convenables de c et de n d'après la formule :

$$d t = \frac{e^{\frac{m s}{2}} \, d x}{c. \cos. a.}$$

d'où sort, après la supposition $\cos a = 1$ et $x = s$, l'expression

$$t = \frac{2}{m c}\left(e^{\frac{m x}{2}} - 1\right)$$

Les inclinaisons des tangentes successives et les longueurs des arcs.

Il est clair, d'après ce qui est dit précédemment, que si on le voulait, les inclinaisons des tangentes successives, aussi bien que les longueurs des arcs se pourraient calculer, en employant toujours les valeurs convenables de c et de n. Nous renvoyons

pour cela aux formules connues de la balistique :

$$1^\circ \; x = \frac{1}{m\,k} Log. \left(\frac{f - kp}{f - k\;tang.\;a}\right)$$

par laquelle on peut trouver p ou tang v et

$$2^\circ \; s = 1/m \; Log.\;nat. \left(1 + \frac{c^2 \cos^2 \alpha\, m}{4\,g} [\varphi(\alpha) \mp \varphi(\psi)]\right)$$

par laquelle on peut trouver la longueur de l'arc s, en substituant à $\varphi(\alpha)$ ($=$ tang α sec $\alpha +$ log. nat. tang. $[45^\circ + \frac{1}{2}\alpha]$) et $\varphi(\psi)$ ses valeurs, d'après des tableaux établis à l'avance pour ces fonctions.

Paris, 12 mai 1852.

Rapport sur le nivellement de la ligne de tir à « Ladugordsgårdet », le **12** *avril* **1850.**

DISTANCES.	HAUTEURS au-dessus de l'axe horizontal de la lunette		ADDENDA.	PROFONDEUR au-dessous du plan de comparaison horiz.	DISTANCES.	HAUTEURS au-dessus de l'axe horizontal de la lunette		ADDENDA.	PROFONDEUR au-dessous du plan de comparaison horiz.
	en avant.	en arrière.				en avant.	en arrière.		
Aun.	Pieds.			Pieds.	Aun.	Pieds.			Pieds.
0	3,16			3,16	1175	2,62		1,20	3,82
50	4,38			4,38	1200	1,33			2,53
100	4,12			4,12	1225	2,92			4,12
150	4,33			4,33	1250	4,12			5,32
200	4,50			4,50	1275	4,83			6,03
250	4,83			4,83	1300	4,25			5,45
300	4,83			4,83	1325	4,16			5,36
350	5,62			5,62	1350	4,00			5,20
400	5,50			5,50	1375	4,21			5,41
450	5,38			5,38	1400	4,21			5,41
500	4,58			4,58	1425	5,25			5,45
550	3,88			3,88	1450	4,15			5,36
625	4,62			4,62	1475	4,00			5,20
650	6,00			6,00	1500	3,50			4,70
675	7,16			7,16	1525	4,18			5,28
700	8,29			8,29	1550	4,65			6,03
725	8,66			8,66	1575	5,08			6,28
750	8,83			8,83	1600	6,00			7,20
775	8,92			8,92	1625	6,12			7,32
800	9,08			9,08	1650	6,83			8,03
825	8,92			8,92	1675	7,75			8,95
850	8,58			8,58	1700	9,00			10,20
875	8,16			8,16	1725	9,25			10,45
900	7,38			7,38	1750	9,83			11,03
925	6,75			6,75	1775	10,25			11,45
950	6,29			6,29	1800	10,66			11,86
975	6,16			6,16	1825	11,08			12,28
1000	6,66			6 66	1850	11,92			13,12
1025	5,62			5,62	1875	12,66			13,86
1050	6,42			6,42	1875		8,50	5,36	
1075	5,16			5,16	1900	9,50			11,86
1100	7,29			7,29	1925	11,66			17,02
1125	6.42			6,42	1950	12,50			17,86
1150	5,62			5,62	1975	13,26			18 61
1150		4,42	1,20		2000	14,75			20,11

Rapport sur le tir de l'école d'artillerie de Mariæberg, exécuté sur le cha
de Ladugordsgårdet, du 13 *au* 20 *août* 1850, *avec le canon de* 12, *N°* :
modèle de 1831. *La charge :* 4 *livres de poudre à canon, fabrication de* 18.

JOURS DU MOIS D'AOUT.	NUMÉRO DU TIR.	CADRE DE FILS.				J — T	ANGLE DE DÉPART du projectile avec l'horizon.	PREMIÈRE CHUTE.		
		HAUTEUR de la trace de la ligne de mire = T.	FILS COUPÉS.					Distances.	Déviation latérale.	Inc… maiso… la li… qui v… la bo… à l… au p… de ch…
			Depuis et y compris.	Jusque et y compris.	Medium = J.					
		Intervalles des fils *.						Aunes.	Pieds.	
					0° ÉLÉVATION.					
15	1	36,5	11	28	19,5	—17		378		
	2	35,5	6	27	16,5	—19		428		
	3	37,5	10	27	18,5	—19		400	— 1	
	4	36,0	6	27	16,5	—19,5		444		
	5	36,5	9	25	17	—19,5		403		
	6	36,5	10	27	18,5	—18		440		
	7	37,5	9	28	18,5	—19		492	+ 1	
	8	35,0	6	27	16,5	—18,5		534	— 0,5	
	(9**)	(38)	(7)	(28)	(17,5)	—(20,5)		505		
	10	32	7	23	15	—17		410		
Médium.						—18,50	+3′ 5″	443,4		21′
20	1	41	12	29	20,5	—20,5		491	— 2	
	2	39	16	33	24,5	—14,5		460		
	3	40	11	27	19	—21		386		
	4	38	10	27	18,5	—19,5		505	+ 1	
	5	38,5	12	30	21	—17,5		580	— 1	
	6	37	10	26	18	—19		473	— 1	
	7	39,5	10	26	18	—21,5		500	— 1	
	(8)	(36,5)	(2)	(27)	(14,5)	—(22)		427	+ 1	
	9	38	13	29	21	—17		477		
	(10)	(37)	(11)	(40)	(25,5)	—(11,5)		464		
	11	36	10	27	18,5	—17,5		503	+ 1	
	12	37	9	29	19	—18		427	— 1	
	13	37	9	25	17	—20		383		
	14	36	10	26	18	—18		437	+ 1	
	15	37	10	27	18,5	—18,5		486	— 1	
	16	37,5	10	29	19,5	—18		400		
	(17)	(36)	(1)	(25)	(13)	—(23)		408	+ 1	
Médium.						—18,64	+2′ 42″	459		21′
Médium des deux séries réunies.						—18,56	+2′ 53″	453,6		21′

* L'intervalle des fils = 2,05 l. d.
** Les coups qui sont marqués en ( ) sont exclus dans le calcul des angles de départs.

NUMÉRO DU TIR.	CADRE DE FILS.				I — T	ANGLE DE DÉPART du projectile avec l'horizon.	PREMIÈRE CHUTE.		
	HAUTEUR de la trace de la ligne de mire = T.	FILS COUPÉS.					Distances.	Déviation latérale.	Inclinaison de la ligne qui va de la bouche à feu au point de chute.
		Depuis et y compris.	Jusque et y compris.	Medium = I.					
	Intervalles des fils.						Aunes.	Pieds.	
30′ ÉLÉVATION.									
1	29	2	19	10,5	— 18,5		963	+ 2	
2	29	2	21	11,5	— 17,5				
3	29	3	19	11,5	— 7,5		553	+ 0,5	
(4)	(28)	(0)	(17)	(8,5)	—(19,5)		796		
5	29	2	21	11,5	—(17,5		898	+ 1,5	
(6)	(29)	(0)	(19)	(9,5)	—(19,5)		814	+ 2	
7	29	2	22	12	— 17		825	+ 1,5	
8	29	3	21	12	— 17		540	+ 0,5	
9	28	3	20	11,5	— 17,		778	+ 3	
10	29	4	21	12,5	— 16,		850		
Médium.					— 17,35	+33′ 22″	780		16′ 35″
(1)	(30)	(1)	(21)	(11)	—(19)		767	— 1	
2	48	22	39	30,5	—17,5		617	+ 0,25	
3	44	20	36	28	—16		828	— 2	
4	47	20	38	29	—18		819	— 1	
5	48	23	38	30,5	—17,5		787	— 5	
6	47	21	39	30	—17		762	+ 0,5	
7	48	22	39	30,5	—17,5		765	— 1	
8	47	22	38	30	—17		760	— 2	
9	48	23	39	31	—17		817	— 1,5	
10	47	20	40	30	—17		850	— 0,5	
Médium.					—17,16	+34′ 3″	780		16′ 35″
Médium des deux series réunies.					—17,26	+33′ 41″	780		16′ 35″

JOURS DU MOIS D'AOUT.	NUMÉRO DU TIR.	CADRE DE FILS.				J — T	ANGLE DE DÉPART du projectile avec l'horizon.	PREMIÈRE CHUTE		
		HAUTEUR de la trace de la ligne de mire = T.	FILS COUPÉS.					Distances.	Déviation latérale.	Inc maiso la li qui v la bo à l au p de ch
			Depuis et y compris.	Jusque et y compris.	Medium = J.					
		Intervalles des fils.						Aunes.	Pieds.	

1° ÉLÉVATION.

Jours	Tir	T	Depuis	Jusque	J	J — T	Angle	Distances	Déviation	Inc…
13	1	31	14	31	22,5	— 8,5		1158	— 3	
	(2)	(31)	(16)	(51)	(33,5)	(+ 2,5)		1146	+ 0,5	
	3	30	17	33	25	— 5		1350	— 5	
	4	30	15	32	23,5	— 6,5		1425	+ 6,5	
	5	30	15	31	23	— 7		1063	— 3	
	6	29	13	29	21	— 8		875	— 1	
	7	29	11	30	20,5	— 8,5		1005		
	8	30	13	29	21	— 9		1183	—10	
	9	29	14	30	22	— 7		1136	— 7	
	10	29	15	29	22	— 7		1363	+ 0,5	
Médium.						— 7,39	1° 11′ 11″	1170		8′ 5
15	1	39	21	37	29	— 10		1155	+ 4	
	2	39	19	38	28,5	— 10,5		1142	— 2	
	(3)	(40)	(18)	(41)	(29,5)	(— 10,5)		966	+ 1	
	(4)	(36)	(11)	(36)	(23,5)	(— 12,5)		1025	+ 3	
	(5)	(31 ou 41)	(16)	(38)	(27)	(-4 ou -14)		1160	— 3	
	6	34	16	34	25	— 9		973	— 1	
	7	35	19	36	27,5	— 7,5		1162	— 2	
	8	35	17	36	26,5	— 8,5		1004	+ 3	
	9	32	15	33	24	— 8		949	+ 2	
	10	34	16	33	24,5	— 9,5		1142	+ 3	
Médium.						— 9,0	1° 3′ 32″	1065		10′ 4
Médium des deux séries réunies.						— 8,09	1° 6′ 49″	1117,6		10′ 4

NUMÉRO DU TIR.	CADRE DE FILS.				J — T	ANGLE DE DÉPART du projectile avec l'horizon.	PREMIÈRE CHUTE.		
	HAUTEUR de la trace de la ligne de mire = T.	FILS COUPÉS.					Distances.	Déviation latérale.	Inclinaison de la ligne qui va de la bouche à feu au point de chute.
		Depuis et y compris.	Jusque et y compris.	Medium = I.					
	Intervalles des fils.						Aunes.	Pieds.	
				1° 30′ ÉLÉVATION.					
1	29	21	39	30	+ 1		1136	— 8	
2	31	22	38	30	— 1		1465	+ 7	
3	31	27	40	33,5	+ 2,5		1250	+ 7	
4	31	24	41	32,5	+ 1,5		1280	— 2	
5	31	22	38	30	— 1		1421	— 0,5	
6	31	25	41	33	+ 2		1548	— 1,5	
7	31	22	40	31	0		1366	—10	
8	31	24	43	33,5	+ 2,5		1349	+ 2	
(9)	(30)	(16)	(38)	(27)	(— 3)		1287	+ 3	
10	31	24	41	32,5	+ 1,5		1357	+ 8,5	
Médium.					+ 1	1° 39′ 39″	1346		6′ 57″
				2° ÉLÉVATION.					
1	31	33	49	41	10		1523	+ 6	
2	31	33	46	39,5	8,5		1551	— 2	
3	31	32	44	38	7		1496	— 9	
4	31	32	48	40	9		1554	+ 2	
5	31	32	49	40,5	9,5		1456	— 6	
6	31	31	47	39	8		1762	— 2	
7	31	27	43	35	4		1322	— 9	
8	30	29	46	37,5	7,5		1463	— 5	
9	30	28	44	36	6		1679	+ 9	
10	29	28	43	35,5	6,5		1734	+ 5	
Médium.					+ 7,6	2° 3′ 18″	1554		6′ 56″
1	37	37	54	45,5	8,5		1500	+11	
2	34	33	50	41,5	7,5		1519	— 5	
3	32	31	46	38,5	6,5		1484	0	
4	32	31	48	39,5	7,5		1483	+ 5	
5	30	30	46	38	8		1534	+ 5	
6	29	29	46	37,5	8,5		1758	0	
7	29	29	44	36,5	7,5		1762	+ 2,7	
8	30	29	45	37	7		1509	+ 3	
9	29	28	44	36	7		1541	— 2	
10	28,5	26	44	35	6,5		1461	— 6	
Médium.					+ 7,45	2° 2′ 57″	1555		6′ 56″
Médium des deux séries réunies.					+ 7,525	2° 3′ 43″	1554,5		6′ 56″

JOURS DU MOIS D'AOUT.	NUMÉRO DU TIR.	CADRE DE FILS. HAUTEUR de la tracé de la ligne de mire = T. Intervalles des fils.	FILS COUPÉS. Depuis et y compris.	FILS COUPÉS. Jusque et y compris.	FILS COUPÉS. Médium = I.	I — T	ANGLE DE DÉPART du projectile avec l'horizon.	PREMIÈRE CHUT[E] Distances. Aunes.	Déviation latérale. Pieds.	ma… l… qu… la… au… de…
					2° 30′ ÉLÉVATION.					
13	1	28	36	54	45	17		2046	+ 5	
	2	29	38	54	46	17		1937	—12	
	3	27	36	53	44,5	17,5		1600	+ 3	
	4	27	36	52	44	17				
	5	25	33	48	40,5	15,5		2019	+14	
	6	27	33	49	41	14		1595	+10	
	7	25	35	54	43	18		1658	+ 6	
	8	24	32	48	40	16		1858	+ 5	
	9	24	31	47	39	15		1800	+ 4	
	10	23	31	47	39	16		2284	+18	
Médium.						+ 16,3	2° 34′ 54″	1866		12
					3° ÉLÉVATION.					
	(1)	(4)	(25)	(44)	(34,5)	(30,5)		1785	+ 5,5	
	2	5	22	39	30,5	25,5		2000	—35	
	3	4	19	37	28	24		1992	— 3	
	4	5	23	39	31	26		2040	— 9	
	5	4	19	37	28	24		2429	—25	
	6	4	18	37	27,5	23,5		2336	—14	
	7	4	19	35	27	23		2196	—27	
	8	4	11	35	27	23		1863	— 6	
	9	4	18	35	26,5	22,5		2264	—32	
	10	4	17	35	26	22		1781	— 2	
Médium.						+ 23,72	3° 1′ 38″	2069		17′
14	1	4	17	37	27	23		1960	— 1	
	2	— 1	15	30	22,5	23,5		2161	+22	
	3	— 1	11	32	21,5	22,5		1857	+ 6	
	4	11,5	29	45	37	25,5		1686	+19	
	(5)	(11)	(20)	(43)	(31,5)	(20,5)		1825	+20	
	6	4	18	38	28	24		1824	+ 7	
	7	1	18	35	21,5	20,5		2550	+90	
	8	28,5	46	64	55	26,5		2030	+11	
	(9)	(8)	(18)	(40)	(29)	(21)		1690	— 8	
	10	7	22	39	30,5	23,5		2333	+ 3	
Médium.						23,625	3° 1′ 18″	1993		17′
Médium des deux séries réunies.						23,7	3° 1′ 20″	2030,6		17′

EXPÉRIENCES FAITES A LIÉGE EN 1850

AU MOYEN D'UN APPAREIL ÉLECTRO-BALISTIQUE.

EXPÉRIENCES

Faites à Liége en 1850,

AU MOYEN D'UN APPAREIL

ÉLECTRO-BALISTIQUE

POUR RECHERCHER L'INFLUENCE EXERCÉE PAR DIFFÉRENTS MODES DE CHARGEMENT SUR LES VITESSES INITIALES.

Depuis plusieurs années, on a proposé d'employer l'électro-magnétisme pour mesurer la vitesse initiale des projectiles de l'artillerie. La subtilité de cet agent, plus en rapport avec l'immense vitesse communiquée aux projectiles, par l'explosion de la charge de poudre, que les moyens mécaniques employés jusqu'à ce jour, devait nécessairement appeler l'attention des artilleurs sur la possibilité d'en faire des applications aux expériences délicates de l'artillerie.

Et, en effet, en France, en Angleterre, en Prusse,

en Russie, en Belgique, aux États-Unis, l'on a proposé des appareils électro-magnétiques destinés à ces importantes expériences. Quelques-uns de ces appareils ont été construits et employés à des expériences plus ou moins nombreuses et variées, mais la plupart sont restés à l'état de simples projets.

Il est difficile de connaître l'objet des expériences auxquelles ces appareils ont été employés, et les résultats auxquels on est parvenu à cause de la discrétion mystérieuse gardée à leur égard. Cette précaution méticuleuse tendrait à faire croire que les appareils n'ont pas répondu à l'attente des expérimentateurs, ou qu'il s'est présenté assez d'anomalies dans les résultats pour nécessiter des recherches sur le meilleur moyen d'employer l'électricité, ou enfin, que les résultats sont si exacts et si différents de tous ceux obtenus jusqu'ici, que chacun veut se réserver les avantages qui pourraient en résulter dans l'application au service de l'artillerie.

Le document le plus précieux que nous possédions à ce sujet, est le rapport officiel sur des expériences faites à Liége en 1850, au moyen de l'ingénieux appareil électro-magnétique de M. le capitaine belge Navez, pour rechercher l'influence exercée sur la vitesse initiale par divers modes de chargement. C'est la Belgique qui paraît ainsi avoir précédé, avec succès, les grandes nations dans l'application de l'électro-magnétisme à des expériences balistiques exécutées sur une grande échelle.

Les modes de chargement dont on a expérimenté l'influence sur la vitesse, sont au nombre de quatre, savoir :

1° Le chargement à *boulet roulant ;*

2° Le chargement à boulet muni d'un *sabot en bois ;*

3° Le chargement à boulet muni d'un *sabot en papier ;*

4° Le chargement à boulet muni d'un *sabot en papier* et d'un *valet.*

Ces divers modes de chargement furent employés pour le tir de deux pièces en bronze du calibre de six, l'une de siége et l'autre de campagne. Chaque pièce fut tirée avec la charge de poudre de 1 kilog. en usage à la guerre. La portée moyenne, à l'éprouvette, était de 250 mètres.

Les bouches à feu vérifiées, quant au calibre, avec le plus grand soin possible, furent choisies parmi les meilleures de la place de Liége.

Les projectiles, exactement calibrés, furent choisis parmi ceux qui approchaient autant que possible, en diamètre, de celui de la grande lunette. Le poids moyen des boulets était de 2 kil. 857 gramm

Le sabot en bois, avec bandelettes en fer blanc, pesait. . . . . 9 kil, 155 gr.

Le sabot en papier, avec bandelettes en coton, pesait. . . . . 0 kil, 090

Le valet. . . . . 0 kil, 025

Le diamètre extérieur des sabots était égal au diamètre moyen du boulet.

Les boulets furent équilibrés avant l'ensabotage, et on disposa l'axe d'équilibre de manière qu'il coïncidât avec celui du sabot, et que le centre de gravité fût tourné vers cette annexe, ce qui est une disposition réglementaire en Belgique. Les boulets destinés au tir sans sabot ne furent pas équilibrés, car cette opération devenait alors inutile.

Ce tir a été exécuté par série de quatre coups, comportant chacune les quatre modes différents de chargement. On a fait varier aussi, dans chaque série, l'ordre des coups, de manière à égaliser autant que possible les circonstances du tir.

Les deux pièces ont été tirées sur plate-forme horizontale avec l'axe de l'âme horizontal, disposition dont on s'assurait avec un niveau à bulle d'air.

Le feu a été communiqué au moyen d'étoupilles à friction..

Le projectile a été, pour chaque mode de chargement, assuré au moyen d'un léger coup de refouloir.

En un mot, on s'est attaché à imprimer aux expériences le caractère essentiellement comparatif qu'elles devaient avoir.

La moitié des coups a été tirée avec un intervalle de 27^{m},16 entre les fils coupés par le boulet, c'est-à-dire, entre la bouche à feu et le cadre-cible; l'autre avec un de 35^{m},36. Ces distances ont été déterminées d'après le terrain sur lequel on devait

faire les expériences, lequel était le champ d'épreuves de la fonderie de Liège.

L'appareil électro-balistique était placé sous un hangar à environ 75 mètres des bouches à feu employées aux expériences. Elles durèrent six jours, du 14 au 20 septembre.

L'appareil électro-magnétique donnait directement le temps employé par le projectile pour parcourir l'espace qui séparait la bouche à feu du cadre-cible.

C'est au moyen de cette donnée expérimentale, obtenue avec une très-grande précision, que M. le capitaine Navez a calculé la vitesse initiale correspondante à chaque mode de chargement, et mis en évidence l'influence de ces derniers.

Sans entrer dans tous les détails des calculs de l'auteur, nous essaierons d'exposer la méthode qu'il a suivie.

Soit V la vitesse initiale du boulet, x la distance comprise entre la bouche à feu et le cadre-cible, l'angle du tir, on aura en général

$$t = \frac{1}{mV\cos\varphi}\,(e^{mx} - 1).$$

Mais comme le tir a été exécuté horizontalement,

$$\varphi = o, \cos\varphi = 1;$$

de sorte que l'équation précédente devient

$$V = \frac{1}{mt}\,(e^{mx} - 1). \qquad (1)$$

Un autre espacement x' de fils, les autres circonstances du tir restant les mêmes, donnera

$$V = \frac{mt'}{1}\,(e^{mx'} - 1). \qquad (2)$$

Les temps t et t' étant donnés directement par l'expérience, il y a seulement dans ces équations deux quantités inconnues, m et V qui, par conséquent, peuvent être déterminées.

Les temps t et t', propres à la détermination exacte du coefficient m, de la résistance de l'air, auraient dû être ceux correspondant au tir exécuté aux distances $x = 27^{m},16$ et $x' = 35^{m},36$, et dans des circonstances aussi identiques que possible. Mais comme la succession des modes de chargement des bouches à feu et la variation des distances du tir auraient trop compliqué les expériences, on s'est borné à tirer pendant la même séance à une distance invariable. Il y a donc eu des séances spécialement consacrées au tir avec les divers modes de chargement, à chacune des deux distances $27^{m},16$ et $35^{m},36$. On a ainsi sacrifié, volontairement, une partie de l'exactitude avec laquelle aurait été déterminée la résistance de l'air au caractère essentiellement comparatif des expériences.

M. le capitaine Navez fait remarquer qu'en comptant les deux distances auxquelles le tir a été exécuté, à partir de la bouche à feu, on s'est placé dans des circonstances défavorables pour la détermination exacte de la résistance de l'air, et qu'il aurait été beaucoup plus avantageux de prendre les deux distances à la suite l'une de l'autre, mais que le peu d'étendue du champ de tir n'a pas permis d'adopter d'autre disposition.

L'inspection des temps, accusés par l'appareil électro-magnétique, ayant fait connaître que les résultats du tir de la pièce courte de six étaient plus réguliers que ceux de la pièce longue du même calibre, et différaient très-peu malgré la variation des modes de chargement, la commission s'est servie de l'ensemble de ces résultats pour calculer la valeur du coefficient m.

Cette valeur a été déduite des équations (1) et (2) en égalant les valeurs V des vitesses moyennes supposées égales aux distances, ce qui a donné

$$\frac{e^{mx'}-1}{e^{mx}-1}=\frac{t'}{t},$$

d'où, en développant e^{mx} en série,

$$\frac{t'}{t}=\frac{x'+\frac{mx'^2}{1\cdot 2}+\frac{m^2x'^3}{1\cdot 2\cdot 3}+\cdots\text{etc.}}{x+\frac{mx^2}{1\cdot 2}+\frac{m^2x^3}{1\cdot 2\cdot 3}+\cdots\text{etc.}} \qquad (3)$$

En remplaçant dans cette équation x, x' par leurs valeurs données :

$$x = 27^m,16 ; x' = 35^m,36$$

et t, t' par les valeurs moyennes ;

$$t = 0'',05617 ; t' = 0'',0748.$$

On a reconnu que la série était très convergente, car on a trouvé

$$m^2 = 0,00000000337.$$

On a donc pu s'arrêter au terme qui contient m^2, ce qui a donné

$$m = 0,001.$$

Cette valeur de m, substituée dans les équations (1) et (2), donne les valeurs de la vitesse moyenne aux distances $27^m,16$ et $35^m,36$. On trouve $V = 490^m,11$ et $V = 490^m,15$, valeurs qui diffèrent seulement de $0^m,04$.

Au moyen de cette valeur de m substituée dans chacune des expressions (1) et (2), on a obtenu les relations suivantes, destinées à donner les vitesses correspondantes aux diverses valeurs du temps, pour chacune des deux distances auxquelles ce tir à été exécuté ; ainsi on a :

Pour le tir à 27^{m},16 d'intervalle entre les fils coupés :

$$\log V = 1{,}4398378 - \log t, \qquad (4)$$

et pour le tir à 35^{m},36 d'intervalle entre les fils coupés :

$$\log V = 1{,}5642635 - \log t. \qquad (5)$$

Le tableau suivant donne le résumé des résultats obtenus au moyen de ces formules et des observations faites pendant le cours des expériences.

Désignation de la PIÈCE.	Intervalle entre les fils coupés. (mètres)	Vitesses initiales moyennes prises sur six coups. (mètres.)				Écarts moyens des vitesses initiales. (mètres.)				Ordonnée du coup moyen dans le cadre-cible. (millimètres.)				Écart moyen vertical pris par rapport au coup moyen dans le cadre-cible. (millimètres.)				OBSERVATIONS.
		P	V	B	R	P	V	B	R	P	V	B	R	P	V	B	R	
Courte.	27,16	494, 29	493, 41	485, 57	487, 29	7, 2	6, 7	7, 2	5, 3	277	277	274	269	20	15	39	39	P, chargement avec sabot en *papier* ; V, chargement avec sabot *et valet en papier*; B, chargement avec sabot *en bois*; R, chargement *à boulet roulant.*
	35,36	496, 15	490, 85	490, 19	483, 72	5, 4	7. 7	5, 5	4, 9	246	255	241	235	29	25	34	34	
Longue.	27,16	522, 43	515, 50	510, 79	508, 91	5, 1	6, 8	8, 6	5, 9	210	230	207	235	28	40	62	50	
	35.36	537, 23	525, 79	518, 61	517, 12	9, 1	15, 1	12, 5	8, 2	126	143	157	154	28	15	15	31	
Moyennes sur les 20 coups.	Courte.	495, 22	492, 13	487, 88	485, 50													
	Longue	520, 83	520, 64	514, 70	513, 01													

Vitesse moyenne générale avec la pièce longue............... 519,54
id. id. courte............... 490,18

Différence. . . . 29,36

Chaque ligne horizontale de ce tableau donne le résultat d'un tir de 40 coups, exécuté dans des circonstances identiques, pour chaque mode différent de chargement. C'est donc par la comparaison des résultats inscrits sur la même ligne, qu'on pourra émettre un jugement sur les différences produites par les divers modes de chargement employés.

On voit d'abord que les vitesses initiales sont *minima* dans le tir à boulet roulant, un peu plus grandes quand on emploie un sabot en bois, croissent encore lorsqu'on fait usage d'un sabot en papier et d'un valet, enfin sont *maxima* dans le tir avec sabot en papier.

Les explications qu'on a données de ces faits sont, que la perte des gaz est moindre avec l'emploi d'un sabot qu'avec un boulet roulant; moindre encore, quand on emploie un sabot en papier, parce que ce dernier tend à se loger entre le projectile et l'âme; enfin, que le valet diminue la vitesse en retardant le mouvement du projectile dans la pièce *avec assez d'énergie pour neutraliser l'augmentation du travail du moteur, qui résulte de l'augmentation de résistance*.

La grandeur de la vitesse moyenne est, sans doute, un élément important parmi ceux qui concourent à l'effet du tir; mais la régularité des vitesses initiales partielles a aussi une importance dont il faut tenir compte. Le tableau précédent qui présente

les écarts moyens des vitesses initiales, lesquels ont été obtenus en divisant, par le nombre des coups, la somme des différences entre la vitesse moyenne et celle de chaque coup, donne le moyen de comparer les tirs exécutés avec les divers modes de chargement.

De l'ensemble des résultats inscrits dans les colonnes 7, 8, 9 et 10 du tableau, la commission belge a tiré les conséquences suivantes :

« Sous le rapport de la régularité du tir dans les vitesses initiales, le tir à boulet roulant a donné des résultats plus avantageux que ceux obtenus aves les boulets ensabotés.

« Parmi les tirs exécutés avec les boulets ensabotés, celui à boulet muni d'un sabot en papier, sans valet, a fourni des vitesses plus régulières que les autres modes de chargement soumis aux essais.

« Les tirs exécutés avec boulets munis de sabots en papier et valets, ainsi que ceux exécutés avec boulets munis de sabots en bois, ont donné le moins de régularité dans les vitesses initiales, et ces deux modes de chargement, considérés sous ce rapport, peuvent être rangés sur la même ligne.

« *L'irrégularité dans les vitesses initiales paraît donc augmenter avec la complication du mode de chargement*, ce qui est assez rationnel, puisque cette complication diminue la chance de parvenir à placer, pour chaque coup, tous les éléments de la charge dans des circonstances identiques. »

L'irrégularité des hauteurs des coups moyens n'a pas permis de tirer des conséquences utiles de ces données. Mais la commission a tiré, des quatre dernières colonnes du tableau cette conséquence remarquable : la détermination des écarts moyens verticaux indépendants.

« Le chargement avec *sabot en papier et valet* donne l'écart moyen vertical le moins considérable, celui avec *sabot en bois* donne l'écart le plus grand, et le chargement avec *sabot en papier sans valet*, a l'avantage sur celui à boulet roulant. »

M. le capitaine Navez a voulu mettre en évidence l'influence des écarts moyens verticaux sur les portées. A cet effet, il a calculé les portées de la pièce de six, courte, avec la vitesse initiale moyenne 490^m, en supposant l'angle φ de tir successivement égal à 0° et aux grandeurs angulaires, correspondant aux écarts verticaux moyens *minima* et *maxima*, à la distance de 27^m,16.

On a trouvé que les écarts moyens dont le minimum était égal à 0^m,015 et le maximum à 0^m,062, correspondaient respectivement aux angles 1',54" et 7',50".

Avec ces données, et en supposant la bouche de la pièce à 1^m,10 au-dessus du sol, l'auteur est arrivé aux résultats suivants :

$\varphi = 0°$ a donné une portée de 232^m,
$\varphi = 0°\,1',54''$ *id.* 245^m,
$\varphi = 0°\,7',50''$ *id.* 296^m.

Ce qui démontre l'influence sensible exercée par la grandeur de l'écart moyen sur les portées.

On a cherché aussi à comparer les effets produits sur les portées par les variations de vitesse initiale et par les écarts verticaux.

En calculant les portées, de but en blanc, de la pièce de 6, courte, correspondant respectivement aux écarts moyens minimum (5^{m}) et maximum (13^{m}) de la vitesse initiale, on a trouvé qu'elles différaient de la portée normale, de but en blanc, due à la vitesse initiale moyenne : l'une de 10 pas (7^{m}) et l'autre de 30 pas (20^{m}).

Le calcul des portées de but en blanc, de la même pièce, dans l'hypothèse des écarts verticaux 0^{m},015 et 0^{m},062, a donné des valeurs qui différaient de la portée, de but en blanc, normale de 16 pas (10^{m}) et de 76 pas (50^{m}).

Ces résultats montrent que l'influence des écarts verticaux sur les portées est plus grande que celle des écarts de la vitesse initiale. D'où l'on tire cette conséquence importante : *qu'un mode de chargement qui aurait pour effet de restreindre les écarts verticaux, pourrait même en produisant des écarts notables de vitesse, être d'un emploi plus avantageux qu'un autre donnant des vitesses initiales plus régulières et des écarts verticaux plus grands.*

L'examen approfondi des différents modes de chargements soumis aux expériences, considérés *sous le rapport de la chance d'atteindre qu'ils peu-*

vent procurer, a conduit la commission à les classer par ordre de mérite comme il suit :

1° chargement à *boulet avec sabot en papier*. C'est des trois modes de chargement avec sabot celui qui restreint le plus les variations dans les vitesses initiales ; il procure une vitesse initiale plus grande que les trois autres modes de chargement, et il est à tèrs-peu de chose près, aussi favorable que le mode de chargement avec valet, sous le rapport de la régularité des angles de départ.

2 chargement avec boulet muni d'un *sabot en papier et d'un valet*. Il paraît un peu plus avantageux que le précédent sous le rapport de la régularité des angles de départ, cependant cet avantage est trop peu marqué pour compenser la perte de vitesse, et les variations dans les vitesses initiales qui paraissent résulter de l'emploi du valet.

3° chargement à *boulet roulant*. Il a l'avantage sur les trois autres modes de chargement sous le rapport de la régularité des vitesses initiales. Mais cet avantage ne peut lui faire prendre rang avant les modes de chargement déja classés, parce qu'il est inférieur à ces derniers sous le rapport de la régularité des angles de départ et de la grandeur de la vitesse initiale.

4° chargement avec boulet muni d'un *sabot en bois*. Il procure moins de vitesse que les chargements avec sabot en papier. Il est inférieur aux autres modes de chargement sous le rapport de la régula-

rité des angles de départ, le chargement avec valet est le seul qui lui soit inférieur sous le rapport de la régularité des vitesses initiales.

Telles sont les conséquences remarquables auxquelles ont conduit les données fournies par l'appareil électrique de M. le capitaine Navez. Depuis cette époque, cet appareil a été grandement perfectionné, et, d'après le croquis que l'inventeur a bien voulu m'envoyer, il y a tout lieu de croire que les expériences en cours d'exécution prouveront que les difficultés que présente l'application de l'électro-magnétisme à la balistique expérimentale, seront surmontées. Ainsi à la Belgique reviendra l'honneur d'avoir la première appliqué sur les appareils électro-magnétiques des expériences balistiques faites sur une grande échelle.

Nous terminerons cet article par quelques observations relatives à l'objet des expériences précédentes.

Il y a près de trente ans, qu'un officier de l'artillerie française, M. le colonel Aubertin, a proposé l'emploi des sabots en carton. Plusieurs commissions ont reconnu l'économie, la simplicité de ce sabot, et et ses avantages sous le rapport de la conservation des bouches à feu en bronze, et de la grandeur de la vitesse initiale.

D'autres, entre autres le commission chargée de faire à Rennes, en 1833, une série d'expériences balistiques pour déterminer les principes du tir et les

lois qui en régissent les principaux efforts sont arrivés à des conclusions différentes.

Ainsi, d'après cette dernière, dans le tir des obusiers de campagne, le sabot en bois donne ses portées plus grandes que les autres modes de chargement.

Le sabot en carton donne des déviations latérales moindres que le sabot en bois, mais produit de plus grandes différences dans ses portées.

Le tir n'a pas été assez prolongé pour qu'elle pût comparer les effets par divers modes de chargement sur la conservation des bouches à feu; mais les expériences faites en 1823 et 1824, dans les écoles d'artillerie, semblent avoir mis hors de doute la supériorité du sabot en carton pour produire cette conservation, objet d'une grande importance.

Les expériences faites en Belgique n'ont pu jeter aucune nouvelle lumière sur cette question, à cause du petit nombre de coups tirés.

On voit ainsi que la question de l'influence des divers modes de chargement est fort ancienne, et que les résultats nécessaires pour arriver à la résoudre complétement sont encore insuffisants.

MARTIN DE BRETTES,
Capit. command. au 3ᵉ régim. d'artillerie.

ANNONCES.

En vente à la librairie militaire de J. CORRÉARD, rue Christine, 1.

PRINCIPES DE LA GRANDE GUERRE, suivis d'exemples tactiques raisonnés de leur application, à l'usage des généraux de l'armée autrichienne, par le prince CHARLES D'AUTRICHE. Traduit de l'allemand par Ed. DE LA BARRE DUPARCQ, capitaine du génie, professeur d'art militaire à l'école de Saint-Cyr. 1 vol. in-folio avec atlas de 25 planches. Prix.............................. 125 »

Nomenclature des 25 planches des Principes de la Grande Guerre.

Pl. I. Marche en avant d'une armée dans un pays ouvert.
II. Marche rétrograde d'une armée dans un pays ouvert.
III. Marche en avant d'une armée dans un pays coupé.
IV. Marche rétrograde d'une armée dans un pays coupé.
V. Marche de flanc d'une armée dans un pays ouvert.
VI. Marche de flanc d'une armée dans un pays coupé.
VII. Attaque pendant la marche.
VIII. Marche d'une armée et attaque en carré contre les Turcs.
IX. Manière de parquer un convoi.
X. Manière de couvrir un convoi pendant la marche.
XI. Attaque d'un convoi pendant la marche.
XII. Passage d'un défilé en avant.
XIII. Passage d'un défilé en retraite.
XIV. Passage d'une rivière.
XV. Détachement d'un corps au delà d'un défilé éloigné.
XVI. Position fortifiée d'un corps détaché.
XVII. Position d'une armée dont les deux ailes sont appuyées.
XVIII. Attaque d'une position ennemie en refusant une aile.
XIX. Attaque sur le centre d'une position ennemie.
XX. Manœuvre contre l'attaque sur l'aile non appuyée d'une position.

XXI. Manœuvre d'une armée dont l'aile droite sans appui est menacée d'une attaque.

XXII. Investissement et blocus d'une forteresse.

XXIII. Opérations d'une armée cantonnée.

XXIV. Poste d'hiver.

XXV. Quartiers d'hiver.

EXPÉRIENCES DE BAPAUME. Rapport fait à M. le ministre de la guerre par la commission mixte d'officiers d'artillerie et du génie, instituée le 12 juin 1847, pour étudier sur les fortifications de Bapaume les principes de l'exécution des brèches par le canon et par la mine. Ouvrage publié avec l'autorisation du ministre de la guerre, en date du 24 octobre 1850. 1 vol. in-8° avec 28 planches en noir. . . . . 20 »

NOUVEAU SYSTÈME D'ARTILLERIE DE CAMPAGNE DE LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE, PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, par MARTIN DE BRETTES, capitaine commandant au 3° régiment d'artillerie. In-8°. Prix. . . . . 2 »

DES ARTIFICES ÉCLAIRANTS EN USAGE A LA GUERRE ET DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE, par Martin de BRETTES, capitaine d'artillerie. In-8° avec planches. Prix.. . . . . 7 50

MANUEL DES SOUS-OFFICIERS D'INFANTERIE ET DE CAVALERIE, à l'usage des écoles régimentaires du second degré, publié avec l'autorisation du ministre de la guerre, par Elie FABRE, officier d'infanterie. 1 vol. in-18 jésus. . . . . . . 4 »

MÉMOIRES POUR SERVIR A L'HISTOIRE DE LA CAMPAGNE DE 1812 EN RUSSIE, suivis des lettres de Napoléon au roi de Westphalie pendant la campagne de 1813, par ALBERT DU CASSE, capitaine d'état-major. 1 vol. in-8° avec carte. Prix. . . . 7 »

HISTOIRE DE L'ANCIENNE INFANTERIE FRANÇAISE, avec atlas renfermant la série complète dessiné par Philippoteaux et colorié avec beaucoup de soin, des uniformes et des drapeaux, des anciens corps de troupes à pied, par LOUIS SUSANE, chef d'escadron d'artillerie. Tome 5, in-8°, avec planches, 15 fr. L'ouvrage sera

composé de 8 vol. in-8 et de 150 planches. Les tomes 1, 2, 3, 4 et 5, avec les planches sont en vente. Prix. . . . . 75 »

DE LA GUERRE, par le général CHARLES DE CLAUSEWITZ; publication posthume, traduite de l'allemand par le major d'artillerie NEUENS. Tome 2, 4e partie, 5 fr. L'ouvrage sera composé de six parties, quatre parties sont en vente. Prix. . . . . 20 »

DE LA DÉFENSE NATIONALE EN ANGLETERRE, par le baron P.-E. MAURICE. Prix. . . . . 5 »

LES TROIS ARMES, ou tactique divisionnaire du colonel prussien DECKER, traduit en français sur la traduction anglaise du major J. Jones, et annoté par A. DEMANNE, capitaine d'artillerie. Prix. . . . . 4 »

DES COMPAGNIES, PELOTONS ET SECTIONS HORS RANG. Examen de leur utilité relative, etc., par P. Mussot. in-8° 2 »

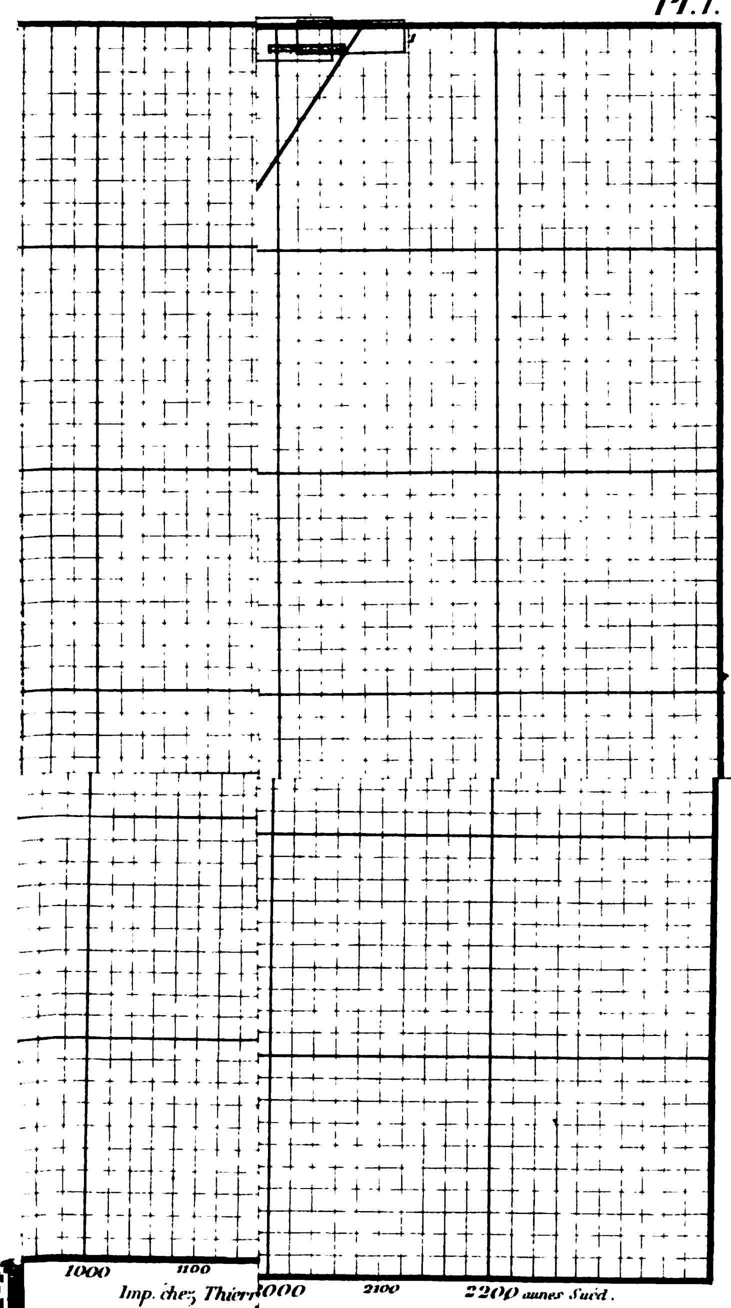
DICTIONNAIRE DE L'ARMÉE, par le général BARDIN. Ce grand ouvrage est entièrement terminé. Il forme une bibliothèque complète de la science des armes. Il est composé de 5,337 pages, formant 4 volumes grand in-8° d'environ 13 à 1,400 pages chacun. Prix. . . . . 119 fr.

Les quatre volumes, reliés avec élégance et solidité, titre au dos et au bas, également au dos l'indication du nom du souscripteur. Les quatre volumes seront renfermés dans une petite caisse portative qui servira de casier-bibliothèque, et qui pourra être placée facilement dans le coin des malles. Prix. . . . 130 »

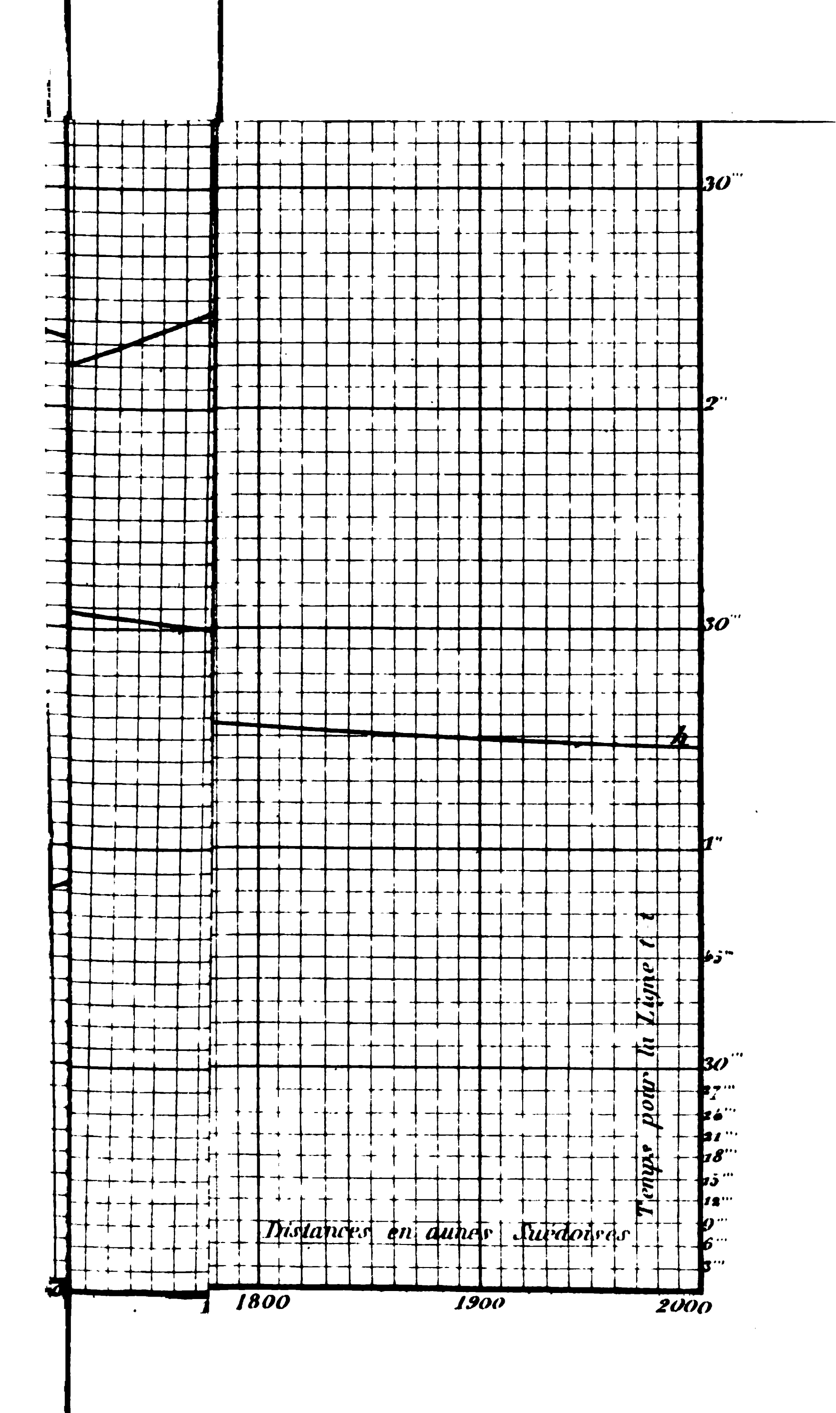
UTILITÉ D'ÉCRIRE L'HISTOIRE DES RÉGIMENTS DE L'ARMÉE, opuscule, suivi de l'histoire du régiment de Jaën, par le lieutenant-général comte de CLONAND, traduit de l'espagnol par ED. DE LA BARRE DUPARCQ, capitaine du génie. In-8°. Prix. . . . . 4 »

PARIS. — TYP. DE H. V. DE SURCY ET Ce, RUE DE SÈVRES, 37.

Pl. I.



Imp. chez Thierry


30'''
2''
30'''
h
1''
45'''
30'''
Temps pour la Ligne
Distances en aunes Suédoises
1800
1900
2000

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

FORMULES DES PORTÉES

Par PITON-BRESSANT,
Lieutenant en 1[er] d'artillerie de marine.

PREMIER MÉMOIRE

1° Formules du tir surbaissé.

I.

Sur de nouvelles formules applicables au tir surbaissé.

1. Les lois numériques qui président au mouvement des projectiles dans l'air, seraient suffisamment connues pour les principales applications, si l'on savait déterminer la position d'un mobile et sa vitesse actuelle, en fonction de l'angle de projection, de la vitesse initiale, de la distance horizontale à la bouche à feu, et enfin d'une ou plusieurs constantes, spéciales à chaque espèce de projectiles. On aurait ainsi pour chaque mobile deux équations, dont l'ensemble suffirait pour préciser toutes les circon-

stances qu'il peut être nécessaire de considérer dans le tir des bouches à feu.

$$\begin{cases} v = f(x, V, \alpha), \\ y = F(x, V, \alpha). \end{cases}$$

2. Ici se présente une question.

La recherche des vitesses restantes et celle de la forme des trajectoires, constituent-elles un seul problème, ou bien doivent-elles être traitées indépendamment l'une de l'autre? — La réponse ne serait pas douteuse si l'on pouvait tenir compte de toutes les forces qui sont en jeu, et si en même temps les resources de l'analyse permettaient dans ce cas de passer des équations différentielles aux équations finies. Mais il n'en est pas ainsi. D'une part, on n'est pas suffisamment fixé sur la nature et l'intensité de certaines forces qui agissent sur le mobile ; d'autre part, les difficultés analytiques du problème obligent d'avoir recours à des méthodes d'approximation où certaines forces sont négligées, tandis que d'autres sont modifiées dans leur direction ou dans leur intensité.

3. Ainsi, pour arriver aux équations du tir surbaissé, on suppose que le mobile n'est soumis qu'à deux forces accélératrices : l'une constante, égale à la pesanteur et normale à la courbe ; l'autre, proportionnelle à une fonction algébrique de la vitesse et dirigée suivant la tangente : c'est la résistance de

l'air. Dès lors, les équations différentielles du mouvement sont

$$\frac{dv}{dt} = -C\varphi(v), \quad \frac{v}{\rho} = -g;$$

et si la fonction $\varphi(v)$ est simple, on arrive facilement aux équations finies en remplaçant, dans la valeur de ρ, ds par dx; ce qui revient à considérer l'élément de la courbe comme sensiblement égal à la projection horizontale.

4. Si l'on pouvait admettre la réalité des hypothèses précédentes, il suffirait de constater par l'expérience l'exactitude d'une des deux relations, qui donnent la vitesse et l'ordonnée en fonction de l'abscisse, pour que la légitimité de l'autre fût établie. Mais on sait qu'il n'en est pas ainsi.

5. Toutefois, comme il n'est pas possible, dans l'état des choses, de déterminer quel est le mode de variation de la force normale, on est obligé, pour suivre une marche rationnelle, de procéder comme nous l'avons exposé ci-dessus. Seulement, s'il est vrai que la force normale varie, tandis que nous la supposons constante, il faudra, par une altération convenable de la force tangentielle, faire en sorte que la trajectoire ne soit pas changée, ce qui ne pourra s'obtenir qu'en adoptant dans le courant du calcul, pour la valeur des vitesses restantes, une re-

lation erronée, et dont on ne devra pas faire usage pour déterminer les vitesses réelles.

6. On a toujours admis depuis Newton que la résistance de l'air variait comme le carré des vitesses ou suivant une progression un peu plus rapide. Les formules établies dans l'hypothèse du carré, en suivant la marche que nous venons d'indiquer, étaient :

$$(1) \qquad v = \frac{V}{e^{cx}};$$

$$(2) \qquad y = x \operatorname{tang} \alpha - \frac{g}{4c^2V^2}(e^{2cx} - 2cx - 1).$$

V étant la projection horizontale de la vitesse initiale, l'angle de départ.

c une constante dépendant du diamètre et de la densité du projectile.

La formule (2) est celle qui a été employée pour rendre compte des expériences exécutées à Gavres de 1831 à 1847. Pour la faire concorder avec l'expérience, on était obligé d'employer des vitesses souvent fort différentes de celles du pendule, et il fallait supposer que ces vitesses croissaient avec l'angle de départ, dans une proportion tout à fait inadmissible. (Voir l'*Aide-Mémoire d'Artillerie de* 1844, page 430.)

L'inexactitude de cette formule est aujourd'hui

complétement démontrée et il est reconnu qu'il faut avoir recours à un mode de variation plus rapide de la résistance.

7. L'hypothèse la plus simple, après celle du carré, étant celle du cube, il était naturel d'y appliquer la même méthode d'approximation et d'essayer les formules qui s'en déduisent. Ces formules sont celles-ci :

$$(3) \qquad v = \frac{V}{1 + 2Vx};$$

$$(4) \qquad y = x \operatorname{tang} \alpha - g\left(\frac{x^2}{2V} + \frac{\theta x^3}{3V} + \frac{\theta^2 x^4}{12}\right).$$

La formule (4), comparée à la formule (2), représente beaucoup mieux les expériences, et d'ailleurs son emploi dans le calcul est bien plus commode. Toutefois elle exige encore un accroissement de vitesse avec l'angle, et quoique rien n'empêche de supposer quelque variation dans ce sens, il ne serait ni rationnel, ni simple de l'admettre sans nécessité.

8. Ayant bien constaté l'insuffisance des formules (2) et (4), nous avons poussé plus loin en prenant l'hypothèse d'une résistance proportionnelle à la 4[e] puissance de la vitesse et y appliquant la même méthode d'approximation ou de compensation. Les formules que l'on obtient sont celles-ci :

$$(5)\qquad v = \frac{V}{\sqrt{1 + 2V^2Kx}};$$

$$(6)\qquad y = x \tang \alpha - g\left(\frac{x^2}{2V^2} + \frac{Kx^3}{3}\right).$$

La formule (6) est beaucoup plus simple et plus commode pour le calcul que (4) et (2) ; mais surtout elle rend bien mieux compte des expériences, et le grand nombre de cas auxquels nous l'avons appliquée ne nous permet plus de douter de son aptitude à représenter le tir surbaissé.

9. Nous ne nous sommes pas arrêtés aux formules (1), (3) et (5) ; en effet, nous l'avons dit, la méthode employée pour arriver aux équations n'est qu'une compensation d'erreurs ; et dès lors il se peut très-bien que la compensation ait lieu pour l'équation de la trajectoire sans qu'elle s'étende à la formule des vitesses restantes.

10. Si, au contraire, on venait à constater, d'une part, que la pesanteur est la seule force normale à considérer, d'autre part, que la vitesse initiale est indépendante de l'angle, alors l'exactitude de la formule (6) conduirait à admettre celle de la formule (5). Mais rien ne prouve qu'il en soit ainsi ; nous devons donc admettre la première et rejeter, au moins provisoirement, la seconde.

11. Du reste, ce qui doit faire craindre que ce

rejet ne soit définitif, c'est que la formule (5) diffère complétement de la formule établie à Metz d'après des expériences faites aux pendules balistiques. Cette dernière est :

$$v = \frac{V}{\left(1 + \frac{V}{r}\right)e^{rx} - \frac{V}{r}};$$

$\frac{1}{r}$ étant un nombre constant et v dépendant de la nature et de la densité du projectile.

En tout cas, on ne peut que réserver la question.

12. Il nous reste maintenant à établir l'exactitude de la formule (6). Nous allons auparavant en déduire les équations qui servent à caractériser complétement la trajectoire.

g étant la pesanteur ou $9^m,81$.

V, la projection horizontale de la vitesse initiale, c'est-à-dire $V_o \cos \alpha$, en appelant V_o la vitesse donnée par le pendule.

α l'angle de départ réel, toujours supérieur de quelques minutes à l'inclinaison de la bouche à feu.

K, un nombre donné par l'expérience, et constant pour le même projectile, lancé par la même charge, de la même bouche à feu.

x, l'abscisse horizontale, comptée du centre de la tranche de la bouche.

y, l'ordonnée verticale, comptée aussi. du centre de la tranche de la bouche :

On a

$$(6)\qquad y = x \operatorname{tang} \alpha - g\left(\frac{x^2}{2V^2} + \frac{Kx^3}{3}\right).$$

En faisant $y = o$, et appelant X la portée, on en tire

$$(7)\qquad \operatorname{tang} \alpha = g\left(\frac{X}{2V^2} + \frac{KX^2}{3}\right).$$

La différentiation de (6) donne

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tang} \alpha - g\left(\frac{x}{V^2} + Kx^2\right).$$

En remplaçant x par X, et appelant ω l'angle de chute, il vient après réductions :

$$(8)\qquad \operatorname{tang} \omega = -g\left(\frac{X}{2V^2} + \frac{2KX^2}{3}\right).$$

En résolvant (7) par rapport à X, V et K, on a successivement

$$(9)\qquad X = -\frac{3}{4KV^2} + \sqrt{\left(\frac{3}{4KV^2}\right)^2 + \frac{3 \operatorname{tang} \alpha}{gK}},$$

$$(10) \qquad V^2 = \frac{X}{2\left(\frac{\tang \alpha}{g} - \frac{KX^2}{3}\right)};$$

$$(11) \qquad K = 3\left(\frac{\tang \alpha}{gX^2} - \frac{1}{2V^2X}\right).$$

13. Les expériences de portées exécutées à Gavres nous ont permis de vérifier l'exactitude de la formule (7) qui donne l'angle de départ en fonction de la vitesse initiale du pendule et de la portée. Le canon de 30 long, aux charges du $\frac{1}{3}$, du $\frac{1}{4}$, du $\frac{1}{5}$ et du $\frac{1}{6}$; le canon de 36, aux charges du $\frac{1}{3}$, du $\frac{1}{4}$ et du $\frac{1}{6}$; et enfin le canon de 30, n° 3, au $\frac{1}{3}$ et au $\frac{1}{6}$, nous ont fourni neuf séries de portées pour des boulets massifs, dont les vitesses initiales étaient données par le pendule. Toutes nous ont amené aux mêmes conclusions, savoir, que la formule (7) rend compte des expériences avec une exactitude suffisante, en prenant pour K un nombre constant pour le même projectile, lancé avec la même charge par la même pièce. Les légères variations de ce nombre en passant d'une charge à l'autre pourraient être attribuées à ce que les vitesses adoptées ne sont certaines qu'avec une approximation de 3 ou 4 mètres. Toutefois, la résistance dépendant en réalité à la fois de la vitesse de translation et de celle de rotation, il n'y aurait rien d'étonnant à ce que la combinaison de ces deux in-

fluences et par suite la valeur de K variât d'une charge à l'autre.

Enfin, nous avons reconnu que les valeurs de K variaient à très-peu près en raison inverse du diamètre des projectiles.

Les différences entre les portées observées et les portées calculées ont été tantôt en plus et tantôt en moins, et toujours dans les limites telles qu'on pouvait facilement les attribuer aux anomalies du tir, c'est-à-dire aux irrégularités très-concevables de moyennes prises sur un petit nombre de coups. Dans les mêmes circonstances, les formules anciennes indiquaient des différences constamment dans le même sens et par cela même inadmissibles, à moins que l'on n'eût recours à l'artifice de l'accroissement des vitesses avec l'angle ou à tout autre équivalent.

14. Nous prendrons pour exemple le tir exécuté cette année (1848) avec le canon de 30, n° 3. Boulet massif. Poudre : Rippault, 1842.

Pour la charge de 3, la vitesse initiale indiquée par le pendule est 418 mètres. Les moyennes des angles et des portées sont prises chacune sur 20 coups.

Il faut d'abord déterminer K, en introduisant les données d'expérience dans la formule (11).

$$(11) \qquad K = 3\left(\frac{\tang \alpha}{gX^2} - \frac{1}{2V^2X}\right).$$

Angles de départ observés.	Portées observées.	Valeurs calculées de K. (10^{13})
37' 47"	323ᵐ	56355
1° 45' 19"	718	62106
5° 26' 18"	1647	54687
10° 15' 56"	2489	53763

Valeur moyenne de K :

$$\frac{56728}{10^{13}}.$$

Nous allons maintenant comparer les portées observées avec les portées calculées pour l'angle et la vitesse donnés, avec la résistance correspondante à la valeur moyenne de K.

Angles de départ.	Portées observées.	Portées calculées.	Différences.
37' 47"	323ᵐ	322ᵐ,7	— 0ᵐ,3
1° 45' 19"	718	734,5	+ 16,5
5° 26' 18"	1647	1627,1	— 19,9
10° 15' 56"	2489	2447,5	— 41,5

15. — Passons à la charge de 2ᵏⁱˡ,500. Vitesse initiale : 395ᵐ.

Les moyennes sont prises sur vingt coups.

Angles de départ observés.	Portées observées.	Valeurs calculées de K. (10^{12})
39′ 40″	307^m	61215
1° 44′ 5″	681	58407
5° 25′ 50″	1594	53562
10° 17′ 40″	2234	66843

Valeur moyenne de K :

$$\frac{60007}{10^{12}}.$$

Comparons maintenant les portées observées aux portées calculées pour cette résistance moyenne :

Angles de départ.	Portées observées.	Portées calculées.	Différences.
39′ 40″	307^m	307^m,9	+ 0^m,9
1° 44′ 5″	681	676,8	— 4,2
5° 25′ 50″	1594	1536,5	— 57,5
10° 17′ 40″	2234	2325,5	+ 91,5

16. — Mais ce qui doit surtout faire juger la méthode, c'est la comparaison des tables de tir qui s'en déduisent avec celles que la commission de Gavre a

établies, en corrigeant les anciennes formules par des artifices tels, que les résultats de ses calculs ne peuvent manquer de représenter les expériences régularisées les unes par les autres.

Angles de départ correspondant aux portées.

CANON DE 30, n° 3.

Boulet massif. — Charge : 3 k.

Distances.	Tables calculées par la commission de Gavre.	Tables calculées avec la formule (7).	Différences en plus.	Différences en moins.
m				
100	10' 47"	10' 17"		0' 30"
200	22' 20"	21' 50"		0' 30"
300	35' 2"	34' 41"		0' 21"
400	48' 52"	48' 48"		0' 4"
500	1° 4' 2"	1° 4' 12"	0' 10"	
600	1° 20' 24"	1° 20' 52"	0' 28"	
700	1° 38' 1"	1° 38' 49"	0' 48"	
800	1° 56' 53"	1° 58' 3"	1' 10"	
900	2° 17' 0"	2° 18' 34"	1' 34"	
1000	2° 38' 22"	2° 40' 22"	2' 0"	
1100	3° 0' 57"	3° 3' 26"	2' 29"	
1200	3° 24' 55"	3° 27' 48"	2' 53"	
1300	3° 49' 58"	3° 53' 27"	3' 29"	
1400	4° 16' 26"	4° 20' 23"	3' 57"	
1500	4° 44' 10"	4° 48' 35"	4' 25"	
1600	5° 13' 23"	5° 18' 4"	4' 41"	
1700	5° 44' 6"	5° 48' 44"	4' 38"	
1800	6° 16' 7"	6° 20' 50"	4' 43"	
1900	6° 50' 3"	6° 54' 10"	4' 7"	
2000	7° 25' 55"	7° 28' 50"	2' 55"	
2100	8° 3' 30"	8° 4' 40"	1' 10"	
2200	8° 43' 21"	8° 41' 55"		1' 26"
2300	9° 25' 26"	9° 20' 15"		5' 11"
2400	10° 9' 51"	9° 59' 55"		9' 56"

CANON DE 30, n° 3.

Boulet massif. — Charge : 2 k. 500.

Distances.	Tables calculées par la commission de Gavre.	Tables calculées avec la formule (7).	Différences en plus.	Différences en moins.
m				
100	12' 11"	11' 28"		0' 43"
200	24' 57"	24' 18"		0' 39"
300	39' 4"	38' 29"		0' 35"
400	54' 28"	54' 1"		0' 27"
500	1° 11' 13"	1° 10' 54"		0' 19"
600	1° 29' 19"	1° 29' 8"		0' 11"
700	1° 48' 48"	1° 48' 44"		0' 4"
800	2° 9' 38"	2° 9' 41"	0' 3"	
900	2° 31' 51"	2° 31' 59"	0' 8"	
1000	2° 55' 25"	2° 55' 39"	0' 14"	
1100	3° 20' 22"	3° 20' 40"	0' 18"	
1200	3° 46' 46"	3° 47' 2"	0' 16"	
1300	4° 14' 34"	4° 14' 47"	0' 13"	
1400	4° 43' 52"	4° 43' 53"	0' 1"	
1500	5° 14' 39"	5° 14' 20"		0' 19"
1600	5° 47' 5"	5° 46' 0"		1' 5"
1700	6° 21' 10"	6° 19' 20"		1' 50"
1800	6° 56' 45"	6° 53' 50"		2' 55"
1900	7° 34' 35"	7° 29' 40"		4' 55"
2000	8° 14' 26"	8° 7' 0"		7' 26"
2100	8° 56' 40"	8° 45' 40"		11' 0"
2200	9° 41' 26"	9° 25' 30"		15' 56"
2300	10° 28' 40"	0° 6' 50"		21' 50"
2400	11° 19' 15"	10° 49' 30"		29' 45"

L'accord est satisfaisant jusqu'à 8°. Au delà, les différences augmentent assez rapidement, surtout pour la charge de 2 kil. 500. Toutefois à 10°, la différence de portée n'est encore que de 50m sur 2,300m, pour cette charge ; et de 35m sur 2,400m pour l'autre.

17. On peut donc admettre que, dans les limites ordinaires du tir des canons, la formule

$$\text{tang}\,\alpha = g\left(\frac{X}{2V^2} + \frac{KX^2}{3}\right)$$

représente exactement la relation entre les portées et les angles de départ. Doit-on en conclure que la formule

$$y = x\,\text{tang}\,\alpha - g\left(\frac{x^2}{2V^2} + \frac{Kx^3}{3}\right)$$

est nécessairement l'équation de la trajectoire. A la rigueur, non ; car la première équation dérive bien de la deuxième ; mais elle peut aussi bien dériver de toute autre de cette forme :

$$y^m = x\,\text{tang}\,\alpha - g\left(\frac{x^2}{2V^2} + \frac{Kx^3}{3}\right),$$

m étant un nombre positif, d'ailleurs entier ou fractionnaire.

Il est donc nécessaire de vérifier directement l'exactitude de l'équation de la trajectoire ; or, des expériences exécutées à Metz et rapportées dans le traité de M. Didion, page 294, nous en donnent le moyen.

18. 1re *série d'expériences*. Canon de 16. Boulet massif. Charge : 1kil,333. Vitesse initiale : 405m. Inclinaison du canon : 1° 29' 7".

L'angle de départ observé n'est pas indiqué. Il doit varier de 1° 31' à 1° 33'.

Distances x.	200m	400m	600m	666m,8
Ordonnées observées (y)	3m,917	4m,305	—0m,005	—2m,759

Les moyennes sont prises sur 100 coups.

Pour déterminer α et K, on a quatre équations de la trajectoire. En les prenant deux à deux, et opérant la résolution de chaque couple, on aura six couples de valeurs de la forme :

$$\frac{K}{3} = \frac{\frac{y}{x} - \frac{y'}{x'}}{g\,(x'^2 - x^2)} - \frac{1}{2V^2(x+x')}.$$

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{\frac{y}{x^2} - \frac{y'}{x'^2}}{\frac{1}{x} - \frac{1}{x'}} + \frac{g}{2V^2\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x'}\right)}.$$

Cela revient à faire passer la courbe successivement par les points d'expérience pris deux à deux.

Abscisses des deux points.	Valeurs calculées de K. (10^{13})	Valeurs calculées de α.
200m et 400m	72312	1° 31' 7"
200 et 600	72822	1° 30' 46"
200 et 666,8	73722	1° 31' 11"
400 et 600	73128	1° 31' 15"
400 et 666,8	74313	1° 31' 29"
600 et 666,8	77115	1° 32' 53"
Moyennes...	73902	1° 31' 27"

Ainsi les données du calcul seront :
- Vitesse initiale 405m,
- Angle de départ 1° 31' 27",
- Valeur de K $\frac{73902}{10^{13}}$

Comparaison.

Distances.	Ordonnées observées.	Ordonnées calculées.	Différences.
200m	3m,917	3m,931	+ 0m,014
400	4,305	4,309	+ 0,004
600	— 0,003	— 0,028	— 0,025
666,8	— 2,759	— 2,728	+ 0,031

La différence maximum n'est pas égale au $\frac{1}{4}$ du diamètre du projectile.

19. 2° *Série.* Canon de 16. Boulet massif. Charge : 1 kil,333. Vitesse initiale : 405m. Inclinaison du canon : 1° 3' 41". L'angle de départ observé n'est pas indiqué. Il doit varier entre 1° 6' et 1° 8'.

Les moyennes sont prises sur 48 coups.

En adoptant la même vitesse et la même valeur de K que pour la série précédente, on trouve les résultats suivants déduits de la formule

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{y}{x} + g\left(\frac{x}{2V^2} + \frac{Kx^2}{3}\right).$$

Distances.	Ordonnées observées.	Angles de départ calculés.
100m	m 1,617	1° 6' 41"
200	2,412	1° 5' 18"
400	1,437	1° 6' 43"
	Moyenne...	1° 6' 14"

Le données du calcul seront donc : Vitesse initiale 405m, Angle de départ 1° 6' 14", Valeur de K $\frac{73902}{10^{11}}$.

Comparaison.

Distances.	Ordonnées observées.	Ordonnées calculées.	Différences.
m 100	m 1,617	m 1,604	m — 0,013
200	2,412	2,466	+ 0,056
400	1,437	1,380	— 0,057

La différence du maximum n'atteint pas le demi-diamètre du boulet.

Lorient, Décembre 1848.

P.-B.

Lieutenant d'artillerie de marine.

DE LA

GUERRE DÉFENSIVE.

Des Places et des Capitales fortifiées.

PAR LE VASSEUR,

Chef d'escadron d'artillerie.

De la guerre défensive; des places et des capitales fortifiées.

Défendre une frontière n'est point interdire à l'ennemi d'y pénétrer sur quelques points, c'est l'empêcher, en dernier résultat, de former un établissement solide dans le pays.

On peut être réduit à la défensive, ou par une très-grande infériorité numérique, ou parce que les troupes que l'on a à opposer à celles de l'ennemi ne sont pas encore aguerries et disciplinées, et que leurs dispositions morales n'offrent pas assez de garantie pour agir offensivement. Dans ce dernier cas, le devoir d'un général d'armée est de se borner à une guerre de positions et de chicanes, jusqu'à ce que le temps, quelques succès ou circonstances heureuses aient donné aux soldats la confiance et l'ardeur

qui les rendent propres à l'attaque. Il faut en effet tenir le plus grand compte de l'état moral d'une armée et ne pas oublier que le soldat est fort et vainqueur, faible et battu selon qu'il croit l'être.

Quand la guerre défensive n'est déterminée que par une trop grande infériorité numérique, elle comporte de prime abord les retours offensifs, qui doivent être plus fréquents et plus prononcés, suivant que l'adversaire prête davantage le flanc. C'est alors que le général en chef chargé de la défense, doit épier tous les mouvements de l'ennemi, qui peuvent d'autant moins lui échapper qu'il opère sur son propre territoire, et doit toujours être prêt à profiter de ses moindres fautes; suppléant au nombre par la rapidité des marches, l'impétuosité du choc, l'habileté des manœuvres, ou le choix des positions.

Les principes de la guerre défensive sont d'ailleurs les mêmes que ceux de la guerre essentiellement offensive; l'une et l'autre ne peuvent être méthodiques qu'aux mêmes conditions, seulement les lignes d'opérations, dans la première, se développent nécessairement en sens inverse de celles de la seconde; il s'agit alors de couvrir un grand objectif tel qu'une capitale ou quelque autre point stratégique important, que, dans le cas d'opérations offensives, on se propose d'atteindre et de conquérir.

DES DIFFÉRENTES MANIÈRES DE COUVRIR UNE CAPITALE.

Ici se présente naturellement cette question : faut-il défendre une capitale en la couvrant directement ou en s'enfermant dans un camp retranché sur les derrières ?... Le premier parti est le plus sûr, il permet de défendre le passage des rivières, les défilés, de se créer même des positions de campagne, de se renforcer de toutes les troupes de l'intérieur, dans le temps que l'ennemi s'affaiblit insensiblement. Ce serait un mauvais parti que celui de se laisser enfermer dans un camp retranché ; on courrait risque d'y être forcé, d'y être au moins bloqué, et d'être réduit à se faire jour l'épée à la main, pour se procurer du pain, des fourrages, etc. Il reste un troisième parti, celui de manœuvrer sans se laisser acculer à la capitale que l'on veut défendre, ni renfermer dans un camp retranché sur les derrières. Il faut pour cela une bonne armée, de bons officiers généraux et un chef capable. En général, l'idée de couvrir une capitale ou un point quelconque par des marches de flanc comporte avec elle la nécessité de détachement et les inconvénients attachés à toute dissémination devant une armée supérieure qui, alors, fait suivre ce détachement par un détachement plus fort qui le contraint à évacuer la capitale, si elle n'est pas fortifiée. Après l'affaire de Smolensk, en 1812, l'armée française marchant droit

sur Moscou, le général Kutusow couvrit cette ville par des mouvements successifs jusqu'à ce qu'arrivé au camp retranché de Mojaïsk, il tint ferme et accepta la bataille; l'ayant perdue, il continua sa marche et traversa la capitale qui tomba au pouvoir du vainqueur. S'il se fût retiré dans la direction de Kiow par une marche de flanc, il eût attiré l'armée française; mais il eût fallu alors couvrir Moscou par un détachement, et rien n'empêchait le général français de faire suivre ce détachement par un autre supérieur.

DU RÔLE DES FORTERESSES DANS LA GUERRE DÉFENSIVE.

Dans la guerre offensive, les forteresses servent à constituer les bases et les lignes d'opérations; dans la guerre défensive, elles jouent un rôle non moins important. Seules elles ne peuvent, il est vrai, fermer une frontière; mais celle-ci, étant fortifiée par des places de diverses grandeurs, donne protection à une armée inférieure contre une armée supérieure; elle lui procure un champ d'opérations plus favorable pour se maintenir et empêcher l'armée ennemie d'avancer et des occasions de l'attaquer avec avantage; enfin elle lui fournit les moyens de gagner du temps pour permettre à ses secours d'arriver. Les places fortes ont d'ailleurs des objets spéciaux, comme de couvrir des écluses, étendre des inondations, ou fermer les débouchés importants

entre de grandes forêts ou des montagnes. Lors des revers de Louis XIV, le système de places fortes établies par Vauban sur la frontière de Flandre, sauva la capitale. Le prince Eugène de Savoie perdit une campagne à prendre Lille. Le siége de Landrecies offrit l'occasion à Villars de faire changer la fortune. Cent ans après, en 1793, lors de la défection de Dumouriez, les places de Flandre sauvèrent de nouveau Paris; les coalisés perdirent une campagne à prendre Condé, Valenciennes, Le Quesnoy et Landrecies. Nos lignes de forteresses du Nord et de l'Est auraient, sans la trahison, rendu le même service en 1814. Les alliés, qui violèrent le territoire de la Suisse, s'engagèrent dans les défilés du Jura pour éviter les places, et même en les tournant ainsi, il leur fallut, pour les bloquer, s'affaiblir d'un nombre d'hommes supérieur au total des garnisons. Lorsque Napoléon passa la Marne et manœuvra sur les derrières de l'armée ennemie, si Paris n'eût pas été lâchement livré aux alliés, les places de l'Alsace et de la Lorraine allaient jouer un grand rôle; l'armée de Schwartzemberg aurait été obligée de se jeter entre elles, ce qui eût donné lieu à de grands événements. En 1815, nos places fortes eussent été également d'une grande utilité; l'armée anglo-prussienne n'eût pas osé passer la Somme avant l'arrivée des armées austro-russes sur la Marne, sans les événements politiques de la capitale, et l'on peut assurer que celles des places qui restè-

rent fidèles, ont influé sur les conditions des traités et sur la conduite des rois coalisés en 1814 et 1815.

Les places fortes actuelles, étant une source de dépenses considérables pour un État, on a proposé des places mixtes de terre; mais outre que ces dernières ne seraient jamais à l'abri d'un coup de main, que de temps ne faudrait-il pas pour y bâtir des abris, pour mettre les magasins de l'armée à l'épreuve des obus et des bombes? Ces ouvrages de campagne, à moins d'être couverts par des inondations, exigeraient des garnisons énormes; tandis qu'avec le système de villes fortifiées, les garnisons peuvent et doivent être tirées de la population, pour ne pas affaiblir l'armée active, et la défense des places fortes devient la plus belle prérogative de la garde nationale. On avait construit un grand nombre de ces places mixtes dans la guerre de Hanovre, en 1758 et 1763, pour servir de bases d'opérations et de points d'appui aux armées françaises qui furent aussitôt affaiblies par les garnisons qu'il fallut mettre dans ces places; ce qui ne fit que rendre plus faciles et plus éclatants les succès du prince Ferdinand de Brunswick.

DE LA NÉCESSITÉ DE FORTIFIER LES CAPITALES.

En général dans les guerres d'invasion, les capitales sont des points décisifs auxquels on vise, et l'on ne peut se dissimuler que, quelle que soit la situation

intérieure d'un empire, l'occupation de la capitale ne porte un coup fatal à sa puissance réelle et à sa puissance d'opinion. C'est donc la plus grande des contradictions et des inconséquences que de laisser un point si important sans défense immédiate. Aux époques de malheur et de grandes calamités, les États manquent souvent de soldats, mais jamais d'hommes pour leur défense intérieure. 50,000 gardes nationaux, 2 à 3,000 canonniers défendront une capitale fortifiée contre une armée de 300,000 hommes; ces 50,000 hommes en rase campagne, s'ils ne sont pas des soldats faits et commandés par des officiers expérimentés, seront mis en déroute par une charge de quelques milliers de chevaux.

Si, en 1805, Vienne eût été fortifiée, la bataille d'Ulm n'eût pas décidé de l'issue de la guerre. Le corps d'armée de Kutusow y aurait attendu les autres corps de l'armée russe, déjà à Olmütz, et celle du prince Charles venant d'Italie. De même en 1805, ce prince, battu à Eckmühl et obligé de faire sa retraite par la rive gauche du Danube, aurait eu le temps d'arriver à Vienne et de s'y réunir au corps du général Hiller et de l'archiduc Jean.

Si Berlin avait été fortifié en 1806, l'armée prussienne, battue à Iéna, s'y fût ralliée, et l'armée russe l'y eût rejointe.

Si, en 1808, Madrid avait été une place forte (1),

(1) Dans les temps ordinaires, de toutes les capitales de l'Eu-

l'armée française après les victoires d'Espinosa, de Tudela et de Somo Sierra, qui avaient dispersé une partie des forces organisées des Espagnols, n'eût pas marché sur cette capitale, en laissant derrière Salamanque et Valladolid l'armée anglaise de Moore et celle de la Romana. Ces deux armées se furent réunies, sous les fortifications de Madrid, à l'armée d'Aragon et de Valence.

Si Moscou eût été fortifié, Kutusow eût campé sur ses remparts et l'investissement en eût été impossible; en sorte que, sans recourir au parti inouï de brûler cette capitale, les Russes faisaient échouer notre expédition.

CAMPAGNE DE 1814.

Jadis Paris avait dû, dix à douze fois, son salut à ses murailles; si cette capitale, en 1814, eût été une place forte capable de résister seulement huit jours, quelle influence cela n'aurait-il pas eu sur les événements du monde! A cette époque, le plan de campagne de l'ennemi ne fut qu'une espèce de houra général sur Paris. Négligeant toutes les places de

---

rope, Madrid est celle dont l'influence morale est la plus faible par plusieurs raisons, mais surtout à cause de cette division ancienne de l'Espagne en vingt et plus de royaumes ou principautés, division subsistante et vivante dans les mœurs espagnoles.

Flandre et celles des Ardennes, Mézières, Rocroy, Philippeville, Givet, Charlemont, l'armée dite du Nord, formée de quatre divisions russes, s'avança par des chemins impraticables sur Avesnes et Rhetel, négligeant pareillement les places de la Meuse; l'armée dite de Silésie, aux ordres de Blücher, marchait sur Bar-le-Duc. Cette armée de 60,000 hommes avait passé le Rhin près de Mayence, qu'elle avait masqué avec une seule division. Une autre masse des coalisés, sous Wittgenstein, avait passé à Brisach, et s'acheminait à travers les Vosges; enfin l'armée de Schwartzemberg, forte de 100,000 hommes, venant par Bâle, marchait vers Langres et Chaumont, tandis que le corps autrichien de Bubna occupait Bourg et menaçait Lyon.

Aux différentes masses des coalisés, destinés à marcher sur Paris et fortes ensemble de 250,000 hommes, Napoléon n'avait à opposer pour la défense directe de la capitale qu'environ 60,000 soldats, mais les garnisons de nos places frontières, complétées par le zèle de nos départements, formaient comme autant d'armées sur les derrières de l'ennemi.

L'Empereur réunit ses forces au point central de Châlon-sur-Marne, prêt à se jeter sur les colonnes les plus aventurées de l'ennemi et les battre en détail. Dès qu'il apprend que le corps de Blücher s'avance sur Troyes par Saint-Dizier, il marche en toute hâte par Vitry sur ce dernier point, où il atteint et

culbute l'arrière-garde ennemie; de là il se porte sur Brienne où Blücher vient de pénétrer, et après un combat opiniâtre dans la ville et aux approches du château, il force le général prussien à la retraite. Napoléon court alors sur Troyes pour opérer contre les colonnes de Schwartzemberg, qui se dirigeaient par Bar-sur-Aube et par la route d'Auxerre sur Sens. A Troyes même il apprend que l'armée de Silésie se dissémine dans le bassin de la Marne, entre Vertus, Champ-Aubert et Montmirail; il poste Macdonald avec 8,000 hommes à Meaux, laisse aux ducs de Bellune et de Reggio le soin de contenir Schwartzemberg dans le bassin de la Seine, et se porte le 10 février par Sézanne sur Champ-Aubert pour couper en deux l'armée de Blücher. Le corps russe, fort de 8 à 10,000 qui se trouve sur ce point, est détruit presque entièrement. Le soir même de cette victoire, le général Nansouty, avec les divisions de cavalerie Colbert et Laferrière, marchait sur Montmirail, et le 11, 16,000 hommes en partie de la garde et commandés par les maréchaux Ney, Mortier et Lefebvre, étaient réunis sur le champ de bataille, où ils allaient lutter contre les divisions Sacken, Kleist et Yorck de l'armée de Silésie, tandis que Marmont, avec son corps posté à Étoges, contiendrait Blücher dans son quartier général. La victoire de Montmirail fut aussi complète que celle de Champ-Aubert, et l'ennemi se retira en désordre sur Rheims et sur

Soissons. Blücher qui était constamment demeuré à Vertus pendant ces trois jours qui avaient anéanti son armée, ayant reçu des renforts venant de Mayence, marcha le 13 contre le duc de Raguse. A cette nouvelle l'Empereur vola au soutien du maréchal, et bientôt le village de Vauchamp est témoin de la défaite du général prussien.

Les débris de l'armée de Silésie s'étaient retirés par Rheims sur Châlons où elle reçut plusieurs convois de recrues et ses réserves.

L'armée dite du Nord, vint la remplacer, et elle opéra alors un mouvement vers Arcis-sur-Aube, pour se réunir à celle de Schwartzemberg, qui s'était contenté, à la vue des défaites de Blücher, de jeter quelques corps sur la rive droite de la Seine vers Montereau et Provins. Napoléon, dès le 15, était parti de Montmirail pour Guignes, où s'étaient concentrés les corps des maréchaux Victor et Oudinot; sa cavalerie marchant jour et nuit, son infanterie voyageant en poste, il avait joint, le 16, les maréchaux, avec la garde impériale, et le 17 il expulsait de Montereau les Wurtembergeois, après leur avoir fait éprouver une perte de 6,000 hommes. Schwartzemberg, effrayé de ce nouvel échec, évacua tout le pays entre la Seine et l'Yonne; Macdonald fut chargé de le suivre. Blücher, renonçant à l'espoir de se réunir à l'armée autrichienne, repassa le 24 sur la rive droite de l'Aube, et se replia sur la rive droite de la Marne,

où les ducs de Trévise et de Raguse venaient de se réunir, et observaient les corps de l'armée dite du Nord, qui étaient à Rheims et à Châlons.

L'armée de Blücher, suivie de près par l'Empereur en personne à la tête de sa garde, avait dirigé sa retraite sur Soissons, et se trouvait dans une position très-critique, car la ville de Soissons était armée de vingt pièces de canon et en état de se défendre. Mais le général qui commandait sur ce point, par une lâcheté qu'on ne saurait définir, abandonna à l'ennemi la ville et son pont sur l'Aisne. L'armée de Silésie se rallia à l'armée du Nord ; les huit divisions russes prirent position sur les hauteurs de Craonne, et les corps prussiens sur les hauteurs de Laon. De notre côté, le général Corbineau avait occupé Rheims, le 5, en tournant l'ennemi qui couvrait la ville. Le 6, l'Empereur passa l'Aisne à Béry-au-Bac, et le 7 déboucha de Craonne contre la position que l'ennemi occupait en arrière de ce bourg ; cette position était très-belle, l'ennemi ayant sa droite et sa gauche appuyées à deux ravins et un troisième ravin devant lui ; il y fut néanmoins forcé, et de là poursuivi dans la direction de Laon, et canonné par 80 pièces de canon à mitraille, ce qui lui causa une très-grande perte. Le lendemain 8, nous entrâmes à Soissons, tandis que le maréchal Ney poursuivait les Russes vers Laon. Le 9, on reconnut l'ennemi qui s'était réuni aux corps prussiens sur les hauteurs de

Laon ; elles furent jugées inattaquables, et nous dûmes prendre position (1).

Dans ces entrefaites, un corps de 10 à 12,000 hommes commandés par le comte de Saint-Priest, au service de Russie, s'était présenté devant Rheims; mais repoussé vigoureusement par le général Corbineau, il s'était retiré sur Châlons-sur-Marne. Ayant été renforcé d'une colonne prussienne de 6 à 7,000 hommes arrivant de la Poméranie, le général de Saint-Priest se présenta de nouveau, le 12, devant les portes de Rheims, que la supériorité de son nombre lui donna, cette fois, le moyen de forcer. L'Empereur, informé de la tentative de ce corps isolé, laissa le maréchal duc de Trévise, avec 12,000 hommes sur les bords de l'Aisne pour observer Blücher, et avec le reste de ses forces, se porta rapidement, le

(1) Les corps russes et prussiens qui occupaient les hauteurs de Laon et ses environs formaient un effectif d'environ 80,000 hommes, c'est à-dire double des forces que l'Empereur pouvait leur opposer, en supposant même que le corps de Raguse qui formait l'arrière-garde prendrait part à l'action; mais, par une fatalité inexplicable, ce dernier s'était laissé surprendre par le duc d'Yorck au moment où il devait entrer en ligne en débouchant par la route de Rheims et avait perdu la plus grande partie de son artillerie. L'armée impériale, privée de cet appui, ne put tenter d'attaque sérieuse contre des forces disproportionnées et postées aussi avantageusement ; elle se retira en bon ordre pendant la nuit par la route de Soissons.

13, de Soissons sur Rheims où il écrasa la division Saint-Priest.

La même batterie d'artillerie légère, qui avait frappé à mort le général Moreau devant Dresde, blessa mortellement le général Saint-Priest qui venait à la tête des Tartares ravager sa patrie !

Schwartzemberg qui séjournait depuis dix jours à Troyes, d'où il avait repoussé Macdonald, ayant appris notre retraite de Laon, avait repris l'offensive le 14, et s'était avancé sur Arcis ; mais Napoléon, victorieux à Rheims, avait renforcé le duc de Trévise par le corps du duc de Raguse, sur les bords de l'Aisne, pour contenir l'ennemi de ce côté, et franchissant la Marne, avec 18,000 hommes, se portait déjà au-devant de Schwartzemberg ; il allait être rejoint par le corps du maréchal Macdonald et par 5 à 6,000 hommes que Lefebvre-Desnouettes amenait de Paris. Au bruit de la marche rapide de l'Empereur, le généralissime autrichien s'épouvante, évacue Arcis et se met en retraite sur Brienne.

Cependant les souverains alliés venaient de décider qu'il fallait enfin que Blücher et Schwartzemberg cessassent de manœuvrer chacun pour son compte, et de s'exposer ainsi alternativement aux coups répétés de leur infatigable adversaire. En conséquence Schwartzemberg avait reçu ordre de se réunir au général prussien : il fallut donc se reporter en avant ; il le fit avec toutes ses forces réunies qui s'élevaient à 100,000 hommes ; nous n'avions à

opposer que 30,000 combattants. Livrer une bataille avec des forces si inférieures, et ayant une rivière à dos, eût été une imprudence; Napoléon se contenta de défendre vers Arcis les ponts de l'Aube, qu'il repassa dans la nuit; le corps d'Oudinot seul resta quelque temps sur la rive gauche, pour couvrir notre marche par l'occupation d'Arcis; il soutint un combat d'arrière-garde et passa à son tour sur la rive droite. L'ennemi, toujours préoccupé de l'idée que nous allions déboucher sur lui, ne songea sérieusement à nous poursuivre que vers deux heures.

Resserrés entre les deux masses ennemies, établies sur l'Aisne et sur l'Aube, il nous était désormais impossible, à raison de notre excessive disproportion de forces, de rien entreprendre de sérieux contre aucune d'elles. La victoire même usait nos ressources. C'est alors que Napoléon conçut le projet hardi, et d'ailleurs conforme aux principes, de se jeter en masse, par Saint-Dizier, vers la haute Meuse, d'y gagner de puissants renforts, tirés des garnisons de la Lorraine et de l'Alsace, d'y encourager l'insurrection, et de là menacer la ligne d'opérations de la grande armée des coalisés qui, partant de Bâle, allait se trouver fortement compromise. Il cessait alors, il est vrai, de couvrir directement Paris; mais ce mouvement devait forcer l'ennemi à revenir sur ses pas et l'attirer sur un terrain où les places fortes favorisaient singulièrement nos opérations stratégiques. D'après ce plan, Napoléon passe la Marne, le 22, au gué de

Frignicourt, marche sur Saint-Dizier, et de là sur Doulevent; notre cavalerie menace déjà Chaumont, d'où l'empereur d'Autriche est obligé de décamper en toute hâte sur Dijon. Mais l'ennemi a surpris, le 22, une dépêche de Napoléon qui informe l'Impératrice de son projet, et les souverains alliés, qui ont des intelligences assurées depuis longtemps avec les traîtres de la capitale, décident qu'il faut marcher sur Paris sans s'inquiéter du mouvement de l'Empereur. Pouvait-on compter sur une pareille détermination des coalisés qui, par divergence de vues, ne faisaient depuis deux mois qu'agir contre tous les principes de la guerre?...

Les maréchaux Mortier et Marmont, coupés de l'Empereur par le rapprochement subit de Blücher et de Schwartzemberg du côté de Vitry, menacés en outre d'être prévenus sur Paris par les divisions Kleist et Yorck lancées sur Château-Thierry, se sont rabattus sur Melun. Napoléon doit renoncer à son projet dévoilé et déjoué par la trahison, qui appelle les coalisés à Paris; il ne peut plus, d'ailleurs, songer à se jeter sur la queue de leurs colonnes, car ils ont gagné trois marches sur lui, et on ne peut espérer les atteindre, avant qu'ils aient passé la Marne à Meaux ou à Lagny; ils sont dans tous les cas assez forts pour nous disputer le passage de cette rivière, avec une de leurs armées, tandis que l'autre se jettera sur la capitale. Il ne reste donc plus qu'à nous diriger sur la rive gauche de la Seine, dans l'espé-

rance que Paris résistera assez longtemps pour nous donner le temps d'y arriver. Troyes est désigné pour point de concentration de nos forces, et Napoléon y porte son quartier général le 29.

En comptant la garde nationale, les dépôts des régiments à Paris et les débris des corps des Maréchaux, on pouvait former une armée d'au moins 40,000 hommes, avec une forte artillerie, pour la défense de Paris. L'occupation de la capitale ne devait pas être l'affaire d'un seul jour. Napoléon, qui avait le droit de compter sur une défense d'au moins quarante-huit heures, se dirigea à marches forcées, par Sens, sur sa capitale: il était, le 31, à Fontainebleau, où il apprit que l'ennemi, arrivé vingt-quatre heures avant l'armée française, occupait Paris.

Nous pouvions encore avant ce grand événement nous replier derrière la Loire, rallier Soult, Suchet et Augereau qui manœuvrait sur le Rhône, former une masse de 150,000 hommes, la jeter sur la ceinture des places qui formaient nos frontières, rétablir la communication du Simplon, réunir les troupes du prince Eugène et combattre alors comme les Romains qui faisaient encore la guerre en Espagne, quand Annibal menaçait le cœur de la république. Mais beaucoup ayant trahi leurs devoirs, et la France paraissant vouloir d'autres destinées, c'eût été créer la guerre civile, et rien n'était plus contraire aux sentiments de Napoléon.

La chute de la capitale avait décidé la question : aussi l'Empereur eut à se repentir de ne pas avoir mis à exécution la pensée qu'il avait eue souvent, notamment au retour de la campagne d'Austerlitz, de fortifier les hauteurs de Paris. Il est vrai que la crainte d'inquiéter les habitants, les événements qui se succédèrent avec une incroyable rapidité, l'empêchèrent de donner suite à son projet.

Le souvenir de 1814 détermina Napoléon, en 1815, à faire de Paris et de Lyon, immédiatement après son retour, deux grands centres de résistance, et il basa, comme on la vu (chapitre des plans de campagne), la discussion de ses plans de campagne sur la possibilité de défendre efficacement, et pendant un temps assez long, la capitale ainsi que la ville de Lyon.

———

Des moyens d'assurer le siége d'une place forte.

Une armée qui assiége une place doit-elle se couvrir par des lignes de circonvallation et de contrevallation? Doit-elle attendre dans ses lignes l'attaque d'une armée de secours; doit-elle se partager en deux armées, une chargée de faire le siége et l'autre de le protéger? A quelle distance l'armée d'observation doit-elle se tenir de l'armée de siége?...

Les militaires qui ne veulent aucune ligne, point ou très-peu d'ouvrages de campagne, conseillent au général qui doit faire un siége de battre d'abord l'armée ennemie, de l'éloigner du champ d'opérations, en jetant ses débris au delà de quelque obstacle naturel, tel que chaîne de montagne, grosse rivière; de placer une armée d'observation derrière cet obsta-

cle, et, pendant ce temps ouvrir la tranchée. Ce conseil est sans doute excellent; mais le siége peut durer quelques mois, et l'ennemi revenir en forces supérieures au secours de la place dans le moment le plus décisif. D'ailleurs un général peut vouloir s'emparer d'une place forte sans vouloir courir les chances d'une bataille; dans ce cas quelle conduite doit-il tenir?

DES LIGNES DE CIRCONVALLATION ET DE CONTREVALLATION.

Si l'on veut prendre une place forte devant une armée de secours, sans risquer une bataille, il faut alors être pourvu d'un équipage de siége complet, avoir ses vivres et ses munitions pour le temps présumé de la durée du siége, former des lignes de circonvallation, en s'aidant des localités, soit hauteurs, bois, marais, inondations. N'ayant plus besoin d'entretenir aucune communication avec ses places de dépôt, le général en chef n'aura plus qu'à s'inquiéter des moyens de contenir l'armée de secours ennemie. Il formera dans ce but une armée d'observation qui ne devra pas perdre de vue l'armée de secours, et qui, lui barrant le chemin de la place, aurait toujours le temps d'arriver sur ses flancs ou sur ses derrières, si elle lui dérobait une marche; ou bien, à défaut d'armée d'observation, il profitera de ses lignes de circonvallation pour employer une partie des corps assiégeants à contenir l'armée de

secours, quand elle se présentera. Mais faire ces trois choses à la fois : 1° assiéger une place et contenir la garnison sans lignes de contrevallation et circonvallation ; 2° garder ses communications avec ses places de dépôt à plusieurs journées de marche de la place ; 3° contenir l'armée de secours, sans être aidé d'aucun obstacle naturel ni lignes de retranchement, c'est une combinaison fausse et qui ne peut conduire qu'à des catastrophes, à moins d'avoir une armée d'observation double de celle de secours.

On estime qu'il faut en général que le corps assiégeant. proprement dit, soit quadruple de la garnison assiégée. Si l'armée entière est assez forte pour qu'après avoir laissé devant la place un corps assiégeant quadruple de la garnison, elle soit encore aussi nombreuse que celle de secours, elle pourra s'éloigner de plus d'une marche de la place. Si elle reste inférieure après ce détachement, elle doit se placer à cinq où six lieues au plus du siége, afin de pouvoir recevoir des secours dans une nuit, du corps assiégeant ; enfin, si les deux corps de siége et d'observation réunis ne forment qu'une armée égale à celle de secours, cette armée assiégeante devra, dans ce cas, rester tout entière dans ses lignes ou près de ses lignes et s'occuper des travaux de siége exclusivement pour le pousser avec toute l'activité possible.

Que l'armée d'observation soit égale ou même

ver le siége de Landrecies. Le prince Eugène devait: 1° ne pas construire cette longue caponnière dite chemin de Paris et faire sa communication avec Marchiennes par des convois bien escortés; un par mois était suffisant; 2° s'assurer du pont de Denain par un bon ouvrage à l'abri d'un coup de main, et camper sa réserve entre cet ouvrage et son camp, sur la rive droite de l'Escaut pour être à portée de la soutenir.

Villars, quelques semaines après sa victoire de Denain, mit le siége devant Douai. Le prince Eugène se campa à portée de canon des lignes que le général français avait fait construire; mais les jugeant inattaquables, il ne tarda pas à s'en éloigner: Si Villars n'en eût pas établies, il eût été forcé de lever le siége.

Lorsque Turenne assiégea Dunkerque, il se couvrit par des lignes de circonvallation, et aussitôt qu'il vit l'armée de don Juan d'Autriche en position, à portée de son canon, il marcha à elle et se plaçant sur un terrain qui rendait inutile la supériorité des Espagnols en cavalerie, il remporta l'éclatante victoire des Dunes.

En 1797, lorsque Provera se présenta pour faire lever le siége de Mantoue, il fut arrêté par les lignes de circonvallation de Saint-Georges, qui donnèrent le temps à Napoléon d'arriver de Rivoli, de faire échouer leur entreprise et de les obliger à capituler avec leurs troupes.

Les lignes de circonvallation n'ont pas, il est vrai, toujours assuré le siége d'une place, témoin les lignes d'Arras et de Turin. Mais s'il fallait citer toutes les attaques de lignes qui ont échoué, et toutes les places qui ont été prises sous la protection de ces lignes, on verrait que le rôle qu'elles ont joué est très-important; c'est un moyen supplémentaire de force qui n'est pas à dédaigner.

Reste à résoudre cette question : Lorsqu'un général ayant surpris l'investissement d'une place, a gagné sur son adversaire quelques jours dont il a profité pour se couvrir par des lignes de circonvallation, doit-il attendre dans ses lignes l'attaque de l'armée ennemie? Ceux qui, à l'exemple de Feuquières, proscrivent le parti d'attendre l'attaque, font les objections suivantes : 1° Une armée derrière ses lignes est gênée dans ses mouvements; 2° la nuit est toute en faveur de celui qui attaque et qui tient la campagne; 3° l'assaillant peut porter ses principaux efforts où il veut et se dégarnir sans crainte; 4° celle de ses attaques qui prospère, sépare l'armée assiégeante dans ses lignes, sans qu'elle puisse se reformer entre les lignes et la place; 5° l'armée qui attend l'ennemi peut être attaquée presque toujours sur toute la circonférence et ne se trouve jamais en état de résister à l'ennemi sur tous les points.

Mais rien ne peut être absolu à la guerre et par conséquent on ne doit pas, en principe, prescrire le parti d'attendre l'attaque dans ses lignes. Ne pouvez-

vous pas être supérieur à l'armée de secours en infanterie et en artillerie, et fort inférieur en cavalerie? Votre armée ne peut-elle pas être composée de braves gens plus nombreux que ceux de l'armée de secours, mais peu exercés et peu en état de manœuvrer en plaine? Croyez-vous qu'il faille lever le siége et abandonner une entreprise sur le point de se terminer à bien, ou courir à votre perte en allant avec des troupes non manœuvrières quoique braves, affronter en plaine une bonne et nombreuse cavalerie?

DE L'UTILITÉ DES FORTIFICATIONS DE CAMPAGNE.

D'ailleurs est-il donc impossible de tracer des lignes et de faire des fortifications de campagne qui protégent, sans en avoir aucun des inconvénients signalés plus haut? Vos lignes ne peuvent-elles pas être couvertes par des fossés pleins d'eau, par des inondations, des forêts, une rivière en tout ou en partie? Ne peuvent-elles pas être tracées de manière que l'armée assiégeante, percée sur un point, ne se trouve pas pour cela désorganisée, ni privée de l'avantage d'appuyer ses flancs, de se former en ordre, et de marcher à l'ennemi encore mal établi?... Le problème peut être résolu : Les principes de la fortification de campagne ont besoin d'être améliorés, et il faut que les ingénieurs s'appliquent à porter cette partie de leur art au niveau des autres. Il est plus fa-

cile, sans doute, de proscrire, de condamner avec un ton dogmatique dans le fond de son cabinet; on est sûr d'ailleurs de flatter l'esprit de paresse des troupes. Officiers et soldats ont de la répugnance à manier la pioche et la pelle : ils font donc écho et répètent à l'envi : « Les fortifications de campagne « sont plus nuisibles qu'utiles, il n'en faut pas con-« struire ; la victoire est à celui qui marche, avance, « manœuvre; il ne faut pas travailler, la guerre « n'impose-t-elle pas assez de fatigues ? » Discours flatteurs et cependant méprisables !

Ceux qui proscrivent les secours que l'art de l'ingénieur peut donner en campagne, se privent gratuitement d'un élément de puissance et d'un moyen auxiliaire, jamais nuisible, presque toujours utile et souvent indispensable ; car les positions naturelles qu'une armée est dans le cas de prendre dans une guerre de marches et de manœuvres, aussi bien que dans les siéges ne peuvent pas toujours la mettre à l'abri d'une armée plus forte sans le secours de l'art.

ESSAI

SUR LES

PROJECTILES ALLONGÉS

Par THIROUX, chef d'escadron d'artillerie.

(SUITE DU TROISIÈME ARTICLE).

La possibilité de lancer des projectiles allongés, plus légers que la sphère, est un fait qui nous paraît d'une haute importance, principalement pour les pièces de campagne. C'est un moyen d'arriver à l'unité de calibre, en diminuant le poids moyen des approvisionnements actuellement en usage, tout en augmentant considérablement la puissance d'effet de l'artillerie. Nous reviendrons plus tard sur cette belle idée due à M. le Président de la République, et qui a déjà reçu un commencement d'exécution pour les bouches à feu non rayées, ainsi qu'on peut le voir dans le compte rendu des expériences faites à Metz, nº 9 du *Journal des Armes spéciales*,

(1851), article de M. le capitaine Martin de Brettes.

Si, au contraire, la densité du cylindre était plus grande que celle du cône, les hauteurs du cylindre deviendraient de plus en plus petites pour les cônes aigus, les seuls qui soient admissibles pour la confection des projectiles.

Une des conditions les plus essentielles pour la stabilité, c'est que le centre de la résistance de l'air se trouve toujours en arrière du centre de gravité. Ainsi un cône dont la pointe serait très-dense, de telle sorte que le centre de gravité total fût en G, la résistance de l'air étant situé en R' dans la position actuelle, et en R quand le mobile se meut directement, on voit que la composante PR' tend à ramener l'axe AB dans la direction MN.

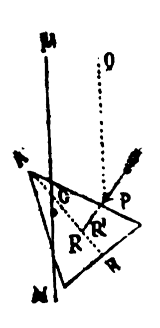


fig. 37.

Le cône dont il s'agit peut être fabriqué en bois et terminé par une pointe en fer ou en plomb, en forme de douille ou autrement. Mais un semblable

projectile ne saurait être admis, il faut nécessairement y joindre un cylindre destiné à en empêcher le renversement dans l'arme destinée à le lancer.

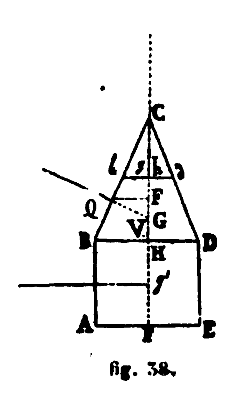


fig. 38.

Examinons ce qui a lieu dans un projectile conique cylindrique présentant une pointe plus dense que le reste du mobile.

Soit h la hauteur hC de la pointe, n sa densité, celle des autres parties étant prise pour unité.

Soit H la hauteur totale CH du cône,

$$e = H - h,$$

celle du tronc de cône BbdD, x la hauteur AB du cylindre,

$$r = BH$$

le rayon de la base.

Le rayon de la base de la pointe sera

$$bh = \frac{rh}{H},$$

et la masse de cette pointe sera proportionnelle à son volume multiplié par sa densité ou à

$$\tfrac{1}{3}\frac{\varpi r^2 h^3 n}{H^2}.$$

La masse du tronc de cône sera proportionnelle à

$$\tfrac{1}{3}\varpi c\left(r^2 + \frac{r^2 h}{H} + \frac{r^2 h^2}{H^2}\right),$$

celle du cylindre sera proportionnelle à

$$\varpi r^2 x.$$

Si nous admettons, comme précédemment, fig. 35, que la résultante de la résistance de l'air PQ sur le cône total passe par le point Q situé au tiers de cB et passe aussi par le centre de gravité G du solide total, la distance de ce centre à la base du cône sera

$$GH = FH - FG;\ \text{or}\ FH = \tfrac{1}{3}H,\ FG = \frac{2r^2}{3H},$$

on aura donc

$$GH = \frac{H^2 - 2r^2}{3H}.$$

La distance du centre de gravité g' du cylindre au point G sera

$$\tfrac{1}{2}x + \frac{H^2 - 2r^2}{3H},$$

et le moment de ce solide sera

$$\varpi r^2 x \left(\tfrac{1}{2}x + \frac{H^2 - 2r^2}{3H} \right).$$

La distance du centre de gravité G de la pointe au point g sera

$$\tfrac{1}{4}h + e - GH = \frac{8H^2 + 8r^2 - 9Hh}{12H}.$$

Le moment de la pointe sera donc

$$\frac{8H^2 + 8r^2 - 9Hh}{12H} \times \frac{\tfrac{1}{3}\varpi r^2 h^3 n}{H^3}.$$

La distance du centre de gravité du tronc de cône au point G sera, en appelant

$$r' = \frac{rh}{H},$$

le rayon de la base de la pointe :

$$GH - \frac{e}{4}\left[\frac{(r+r')^2 + 2r'^2}{(r+r')^2 - rr'}\right] = GH - A,$$

$$\frac{H^2 - 2r^2}{3H} - \frac{e}{4}\left[\frac{(H+h)^2 + 2h^2}{(H+h)^2 - Hh}\right] \left(\text{à cause de } r' = \frac{rh}{H}\right).$$

Pour le cas où l'on a

$$2r^2 > H^2,$$

ou

$$H < r\sqrt{2},$$

la distance dont il s'agit devient $A - GH$

ou négative, et il faut changer les signes dans l'expression générale de $GH - A$.

Le moment du tronc de cône sera donc :

$$\frac{1}{3}\pi r^2 e\left[\frac{H^2 - 2r^2}{3H} - \frac{e}{4}\left(\frac{(H+h)^2 \pm 2h^2}{(H+h)^2 - Hh}\right)\left(1 + \frac{h}{H} + \frac{h^2}{H^2}\right)\right].$$

En vertu des propriétés des moments, on aura :

$$\varpi r^2 x\left(\frac{1}{2}x + \frac{H^2-2r^2}{3H}\right) = \frac{\varpi r^2 h^2 n}{3H^2}\left(\frac{8H - 9Hh + 8r^2}{12H}\right)$$

$$+ \frac{\varpi r^2 e}{3}\left(1+\frac{h}{H}+\frac{h^2}{H^2}\right)\left[\frac{H^2-2r^2}{3H} - \frac{e}{4}\left(\frac{(H+h)^2+2h^2}{(H+h)^2-Hh}\right)\right];$$

d'où l'on tire :

$$x^2 + 2\left(\frac{H^2-2r^2}{3H}\right)x = \frac{1}{18}\frac{h^2 n}{H^4}\,(8H^2-9Hh+8r^2)$$

$$+ \frac{2}{3}e\left(1+H+\frac{h^2}{H^2}\right)\left[\frac{H^2-2r^2}{3H} - \frac{e}{4}\left(\frac{(H+h)^2+2h^2}{(H+h)^2-Hh}\right)\right];$$

et finalement :

$$x = -\frac{H^2-2r^2}{3H} + \left[\frac{1}{9}\left(\frac{H^2-2r^2}{H}\right)^2 + \frac{1}{18}\frac{h^2 n}{H^4}\right.$$

$$(8H - 9Hh + 8r^2) + \frac{2}{3}e\left(1+\frac{h}{H}+\frac{h}{H^2}\right)\left(\frac{H^2-2r^2}{3H}\right)$$

$$\left. - \frac{e}{4}\left(\frac{(H+h)^2+2h^2}{(H+h)^2-Hh}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$

soit :

$$H = 3r,\ h = \tfrac{1}{2}H,\ n = 12,$$

ce qui suppose la pointe en plomb et le corps du projectile en bois dur, on trouve

$$x = 1.27r.$$

Soit encore $\quad H = r\sqrt{2}\,,$

ou $\quad H^2 = 2r^2, \quad n = 12,$

il vient $\quad x = 1.31r.$

Pour qu'un projectile qui éprouve un léger déplacement reste stable, il faut que le moment d'inertie de la pointe, par rapport au centre de gravité, soit plus petit que celui de la queue, par rapport à ce même point. Que le centre de la résistance de l'air soit aussi bas que possible ; que la partie de cette résistance qui tend à produire le renversement du projectile, soit, en tenant compte de son bras de levier, plus petite que la différence des moments dont nous venons de parler.

La résistance de l'air croissant à peu près comme la puissance $\frac{5}{2}$ de la vitesse, on voit qu'un projectile stable pour une vitesse peut cesser de l'être avec une autre. Ainsi les traits que lançaient les machines balistiques des anciens n'auraient pas conservé leur

stabilité avec une vitesse plus grande, bien que fort inférieure encore à celle des projectiles de l'artillerie moderne.

Il résulte de la discussion précédente que la résistance de l'air produit généralement sur la surface antérieure d'un projectile conique cylindrique une action déviatrice, qui tend à en effectuer le renversement. La combinaison de cette action déviatrice avec le mouvement de rotation, imprime à l'axe du projectile un mouvement conique oscillatoire.

La surface conique dont il s'agit ici, a une base d'autant plus étroite que le mouvement de rotation est plus rapide, car l'action déviatrice de la résistance de l'air est d'autant plus faible qu'elle a moins de durée. Il y a lieu de croire que le cône deviendrait nul et que l'axe conserverait sa stabilité pour une vitesse de rotation infinie. On serait donc conduit à cette conséquence que, pour les projectiles dont le centre de gravité est tout près de la pointe, le mouvement de rotation doit être très-lent, tandis qu'il doit être très-rapide quand le centre de gravité du mobile est près de sa base.

Au contraire, pour une vitesse de rotation trop faible, le cercle décrit par la pointe du mobile s'accroît de plus en plus, car l'action déviatrice de la résistance de l'air augmente avec l'obliquité de l'axe de rotation ; et, passé certaines limites, le mobile se renverse.

On sait que quand un mobile homogène allongé est lancé par une arme à canon lisse, le renversement

a toujours lieu, même très-près de la bouche du canon, et, qu'il est d'autant plus rapide, que le centre de gravité est plus rapproché de la base de la balle.

On peut assimiler l'action de la résistance de l'air sur la pointe du mobile à celle d'une force accélératrice.

Cette force accélératrice peut être considérée comme à peu près constante; car, si d'un côté, l'action de la résistance de l'air augmente avec l'obliquité, d'un autre côté cette résistance diminue rapidement avec la vitesse de translation. Dans l'hypothèse où l'action déviatrice serait constante, les espaces qu'elle ferait parcourir à la pointe du mobile seraient proportionnels aux carrés du temps, ou, en d'autres termes, les diamètres des cercles décrits par l'extrémité antérieure des mobiles seraient proportionnels aux carrés du temps, et ces diamètres seront d'autant plus grands que le centre de gravité sera plus loin de la pointe.

On voit par là, que pour des projectiles lancés de cette manière, l'action totale de la résistance de l'air sera d'autant plus petite que le mouvement de rotation sera plus rapide, puisque les surfaces latérales exposées à l'action directe du milieu seront d'autant moindres, et réciproquement.

D'où nous croyons être en droit de conclure: 1° que plus la pointe d'un mobile sera aiguë, plus le mouvement de rotation devra être rapide; 2° que pour une vitesse donnée, les plus grandes dérivations

et les plus grandes portées répondent aux mouvements de rotation les plus rapides ; du moins, tant que le renversement n'a pas lieu.

Le mouvement conique que prend l'axe du projectile fait concevoir pourquoi les balles coniques cylindriques ont été abandonnées pour les balles ogivales. La surface de ces dernières, étant engendrée par des arcs de cercles sans solution de continuité, doit éprouver moins de résistance de la part du fluide, que celle du raccordement angulaire du cône avec le cylindre.

Dans les expériences faites en Suède, vers la fin de 1845, on a remarqué que les projectiles dont le mouvement de rotation était beaucoup plus lent que celui des autres avaient des portées bien plus faibles, quoique les charges de poudre et les angles de tir fussent les mêmes.

A la vérité, l'action de la poudre ne pouvait pas être exactement identique dans les deux cas, la vitesse initiale devait être un peu plus grande pour les rayures au pas de $3^m,77$, que pour celles au pas de $10^m,36$, le projectile opposant plus de résistance à l'action de la poudre dans le premier système que dans le second.

En assimilant l'action déviatrice de la résistance de l'air à celle d'une force accélératrice constante, les espaces parcourus par la pointe du mobile, ou les diamètres des bases des cônes que décrivent les axes de rotation sont proportionnels aux carrés des

temps. Ainsi pour des vitesses initiales égales, ces diamètres seraient entre eux :

$$::\left(\frac{V}{10.36}\right)^2:\left(\frac{V}{3.77}\right)^2::\overline{3.77}^2:\overline{10.36}^2::10.44:107.33.$$

Dans cette hypothèse, l'excursion de la pointe du mobile devient 10 fois plus grande environ dans le cas de l'hélice au pas de $10^m,36$, que dans celui de l'hélice du pas de $3^m,77$. En admettant une excursion finale de 8 millimètres dans le projectile qui a le mouvement de rotation le plus rapide, l'excursion finale, dans celui qui a le mouvement le plus lent, serait de 80 millimètres.

Il est à présumer que l'action de la résistance de l'air sur les ailettes du mobile limitait l'amplitude de ses oscillations; mais il est facile de voir que celui-ci présentait dans tout le trajet une partie très-notable de sa surface latérale, à l'action de la résistance directe du milieu et sous un angle assez ouvert.

On a trouvé dans les expériences mentionnées ci-dessus, que trois projectiles du poids de 30 kil., lancés avec la charge de 4 kil. sous l'angle de 13° avec les rayures au pas de $10^m,36$, avaient une portée moyenne de 2662 mètres; et que trois autres projectiles du poids de $31^{kil.},4$, lancés avec la même charge et sous le même angle que les premiers, mais avec les rayures au pas de $3^m,77$, avaient une

portée moyenne de 3,198 mètres. La différence de 536 mètres dans les portées me paraît être la conséquence de la lenteur du mouvement de rotation des trois premiers boulets ogivaux.

Les oscillations coniques que fait la pointe du mobile augmentant l'intensité de la résistance de l'air, doivent exercer une influence assez grande sur la grandeur des dérivations; mais celles-ci étant attribuées principalement à la non-coïncidence de l'axe de rotation du projectile avec la tangente à la trajectoire, nous allons essayer d'expliquer les circonstances du mouvement de cet axe.

Soit ABC un projectile ogival dont le centre de gravité est en G et parcourt la trajectoire MGN; soit BF l'axe de rotation de ce projectile faisant un angle BGM avec la trajectoire; soit R le centre de la résistance de l'air.

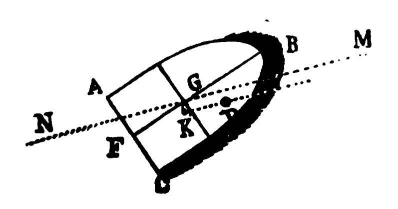


fig. 39.

Par le point R menons RK parallèle à MG, dans une faible étendue, la trajectoire peut être considérée comme étant en ligne droite; si donc on abaisse du

point G la perpendiculaire GK sur RK, cette droite sera le bras de levier avec lequel la résistance de l'air tend à replacer la pointe du mobile suivant la tangente à la trajectoire.

A l'origine du mouvement, l'axe de rotation coïncide avec la tangente à la trajectoire et tend à conserver sa direction primitive, ce qui fait qu'il s'écarte d'une manière sensible de la tangente à la trajectoire, fig. 39 ; mais l'action de la résistance de l'air corrige l'effet naturel de cette divergence et finit par imprimer à la pointe du mobile un mouvement d'abaissement, mouvement qui est sans doute favorisé par la tendance naturelle que doit avoir tout mobile à tourner autour de l'axe de son plus grand moment d'inertie.

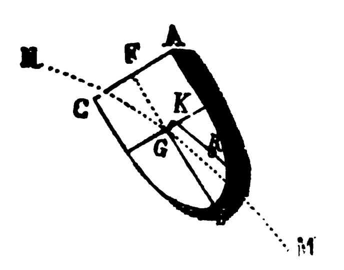


fig. 40.

Dans la branche descendante, si l'axe de rotation BF s'abaisse au-dessous de la tangente à la trajectoire, le bras de levier GK de la résultante de la résistance de l'air tend à relever l'axe BF et à le placer sur la courbe MN.

Mais il est à remarquer que l'effet de la résistance de l'air s'exerçe avec une énergie bien plus grande dans la branche ascendante que dans la branche descendante où la vitesse est médiocre.

La vitesse d'abaissement, imprimée à la pointe dans la branche ascendante, nous paraît devoir continuer à agir dans la branche ascendante, bien qu'elle soit un peu diminuée par l'effet de la résistance du milieu, en sorte que nous pensons que la pointe du mobile se trouve au-dessous de la tangente à la trajectoire dans la branche descendante.

L'action de la résistance de l'air sur la surface latérale du projectile agit à la manière d'une force accélératrice pour replacer le mobile sur la trajectoire, mais généralement cette action est insuffisante; il faut, ainsi que nous l'avons dit précédemment, que la partie cylindrique présente des cannelures calculées convenablement pour que l'action directrice produise tout son effet, et modifie convenablement la grandeur du cercle décrit par la pointe.

En définitive, l'action déviatrice de la résistance de l'air tend donc à élargir de plus en plus la base du cône que décrit l'axe du mobile, en sorte que ce cône s'ouvre de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin le mobile se meuve perpendiculairement à la trajectoire et finalement autour de l'axe de son plus grand moment d'inertie. Quelquefois le mouvement de rotation autour de l'axe du mobile persiste après le renversement de celui-ci. On voit souvent des balles,

qui, ayant frappé le but en travers, sont rayées sur leur surface latérale par les corps durs contre lesquels elles ont frotté.

L'action déviatrice de la résistance de l'air sur les cannelures agit d'une manière entièrement opposée à l'autre extrémité de l'axe du projectile ; elle limite l'ouverture indéfinie du cône en question, et si elle est calculée convenablement, elle empêche le renversement du projectile.

La perfection du mouvement exige qu'il y ait une relation entre la vitesse de rotation et celle de translation: Ainsi, une balle qui serait tellement constituée, qu'elle oscillât également au-dessus et au-dessous de la trajectoire, dans une révolution, serait dans de bonnes conditions pour la régularité du mouvement; alors les dérivations cesseraient d'avoir lieu, et la pointe et le centre de gravité du mobile décriraient des spirales.

Mais il n'est pas nécessaire pour l'annulation de la dérivation que l'accord parfait dont nous venons de parler ait lieu, il suffit que le mobile ait un mouvement oscillatoire tel qu'il s'abaisse et s'élève également par rapport à la trajectoire; dans ce cas, la spirale décrite par la pointe du mobile passe par diverses alternatives de grandeur, et la compensation s'opère, non pour une révolution, mais pour une série de révolutions, ou plutôt pour une oscillation.

Au départ du projectile, sa pointe est un peu au-dessus de la trajectoire ; la résistance de l'air, qui est

à son maximum d'énergie, imprime, par son action sur les cannelures du bas de la balle, fig. 39, un mouvement d'abaissement à la pointe. Mais alors, les cannelures du haut étant en évidence, agissent à leur tour et augmentent ainsi l'amplitude du mouvement oscillatoire que possède déjà l'axe du mobile.

Ceci confirme ce que nous avons dit tout à l'heure, c'est-à-dire que la précision du tir ne s'obtient qu'au détriment des portées ; aussi pensons-nous que l'idée de corriger les dérivations par une hausse courbe est fort bonne, du moins pour toutes les armes qui tirent avec des charges constantes, assez grandes pour n'éprouver que de faibles variations dans leurs effets.

Ce qu'il y a de fort remarquable dans les expériences de Suède, c'est l'égalité des portées ; nous pensons que l'annulation des dérivations ferait disparaître cet avantage si précieux, tandis que les dérivations étant à peu près constantes pour des projectiles bien centrés, semblables, et animés de la même vitesse, il serait aisé de les corriger par une hausse facile à imaginer.

La force qui détermine et entretient les oscillations que produisent les cannelures, peut être assimilée à une force accélératrice constante, c'est ce que semble démontrer l'expérience. En effet, on conçoit que si la résistance de l'air va toujours en diminuant d'intensité, les impulsions qu'elle communique à chaque instant peuvent suffire à entretenir l'isochronisme des oscillations, si la surface des cannelures est cal-

culée d'une manière convenable; car le mouvement oscillatoire étant une fois déterminé, ce mouvement tend naturellement à se conserver et se conserverait effectivement dans le vide, et abstraction faite de la pesanteur, et il ne faut qu'une impulsion bien faible pour balancer ou détruire complétement les causes de ralentissement. D'ailleurs, à mesure que le mobile avance dans sa trajectoire, les causes d'altération du mouvement oscillatoire s'atténuent de plus en plus, et le mouvement conserve toute sa régularité à la limite extrême des portées.

Par l'effet du mouvement oscillatoire du mobile, les cannelures sont soumises alternativement à l'action directe de la résistance de l'air, ce qui doit être une cause de ralentissement. Il importe donc que les cannelures n'aient que la largeur nécessaire pour remplir leur objet.

De plus, il serait évidemment nuisible que les oscillations eussent trop d'amplitude, car les surfaces latérales que le mobile présenterait à l'action de la résistance de l'air seraient d'autant plus grandes et la portée serait diminuée. Il pourrait même arriver, si le projectile était très-léger, que l'action de la résistance de l'air sur les cannelures fût tellement énergique que le mouvement d'oscillation, devenant de plus en plus violent, se terminât par le renversement complet du projectile.

En supposant une balle allongée de 17^{mill},2 de diamètre, pesant 47^{gr},5, ayant 26 millimètres de hau-

teur après le forcement, et présentant trois cannelures de $0^{mm},7$ de saillie. En supposant, dis-je, que cette balle soit animée d'une vitesse initiale de translation de 312 mètres par seconde et d'une vitesse de rotation de 156 tours *p.s.*

On trouve que la résistance de l'air sur le grand cercle de la base de la balle équivaut à un poids de 46,02 fois celui du projectile.

La surface des trois cannelures équivaut à 0,5023 de la surface d'un grand cercle; si ces trois cannelures étaient exposées à l'action directe du fluide, la pression totale qu'elles éprouveraient équivaudrait à 23,01 fois le poids de la balle.

Il est évident, d'après ce qui a été expliqué précédemment, que la portion de la surface des cannelures qui est exposée à l'action directe de la résistance de l'air, est beaucoup moindre que la moitié de leur surface et qu'elle est d'autant plus petite que l'axe du mobile s'écarte moins de la direction de la tangente à la trajectoire.

Non-seulement, le nombre, la largeur, l'écartement des cannelures, leur position par rapport au centre de gravité sont essentielles à considérer, mais il faut encore qu'il y ait une certaine relation entre la construction du projectile et les vitesses de rotation et de translation. Un projectile bien construit pour une vitesse de rotation, cesse d'être dans de bonnes conditions si l'on vient à changer cette vitesse.

Ainsi, par exemple, la balle allongée actuelle con-

vient parfaitement pour une vitesse initiale de 312 mètres et une hélice au pas de 2 mètres. Si l'on vient à imprimer à cette balle une vitesse de rotation double en réduisant le pas de l'hélice à 1 mètre, la balle dérive à droite d'une manière très-notable; on conçoit, en effet, que les cannelures restant exposées pendant un temps deux fois plus court à l'action de la résistance de l'air, l'action directrice de cette force deviendra bien moins considérable et ne sera plus en état de balancer l'action déviatrice de la résistance de l'air.

On a assimilé avec quelque raison les cannelures des projectiles allongés aux pennes des flèches des anciens; mais leur action, considérée sous ce point de vue, n'est vraiment complète que quand le projectile a son centre de gravité très-près de la pointe, autrement elles ne font que contribuer à la stabilité du mobile sans pouvoir la produire directement. Dans la détermination des dimensions des cannelures, nous supposons d'abord le mobile d'une densité homogène et sans mouvement de rotation, ou bien doué d'un mouvement très-lent.

La suite à un des prochains numéros.

APPAREIL ÉLECTRO-BALISTIQUE.

Liége, le 17 mai 1852.

A Monsieur Corréard, directeur du Journal des Armes spéciales.

Monsieur,

Différents journaux militaires se sont occupés, depuis quelque temps, des expériences faites en Belgique, au moyen d'un appareil électro-balistique dont je suis l'inventeur. La publication d'autres expériences, offrant beaucoup plus d'intérêt, sera probablement autorisée avant peu. Or, comme des résultats d'expériences ne peuvent être acceptés avec confiance que pour autant que l'on soit rassuré sur l'exactitude des procédés qui ont servi à les obtenir, je crois convenable de publier, dès à présent, une description sommaire de mon appareil, et je vous serai obligé, Monsieur, si vous vouliez donner place à cette description dans un des prochains numéros du *Journal des Armes spéciales*.

Mon appareil a été adopté en Belgique, après avoir été soumis à de longs et minutieux essais. L'exemplaire présenté, en août 1849, à une commission chargée, par le département de la guerre, d'apprécier la valeur de mes procédés, était en tout semblable, quant au système, à ceux actuellement en usage. Les seules modifications qui aient été apportées à mon appareil, depuis qu'il est d'un emploi habituel dans notre artillerie, consistent dans la précision du travail et en quelques changements de dimensions tout à fait indépendants du système.

La spécialité de mon procédé consiste : 1° en un moyen de compensation qui écarte les principales causes d'erreur que présentent les autres appareils de l'espèce ; 2° dans l'appropriation du pendule à la mesure de temps très-petits, en employant à cette mesure des parties de l'arc d'oscillation situées vers le point où le corps oscillant est animé de sa plus grande vitesse. C'est vers ce point, qu'à des temps très-petits, répondent des arcs relativement grands (1).

Une des principales causes de perturbation dans les résultats accusés par les appareils électro-balistiques, consiste en ce qu'un aimant temporaire a besoin d'un certain temps pour se dépolariser après que le circuit du courant, qui l'activait, a été rompu. Si ce temps était constant, il serait facile d'en tenir compte dans la construction des appareils ; mais il n'en est pas ainsi, car l'intensité du courant, le plus ou moins de force coërcitive du fer (qui n'est jamais complétement doux) et d'autres causes encore, rendent variable le temps nécessaire à un électro-aimant

(1) En février 1850, j'écrivais à M. Martin de Brettes, capitaine de l'artillerie française, qui s'est beaucoup occupé de l'application de l'électricité à l'artillerie, et qui m'avait demandé des renseignements sur mes procédés, la phrase suivante : « Mon procédé « permet de mesurer des temps plus petits qu'on ne pourrait le « faire avec un pendule électro-magnétique ordinaire, parce que « je ne compte pas le temps à partir du point où le pendule se met « en mouvement, mais d'un autre point situé vers la partie de la « course angulaire où le corps oscillant est animé de sa plus grande « vitesse. »

pour se polariser ou se dépolariser suffisamment. (J'entends par polorisation et dépolorisation *suffisantes*, celles qui déterminent le jeu du *contact*.) Plusieurs moyens ont été proposés pour parer à l'inconvénient que je viens de citer. M. Wheatstone cherche à y parvenir en faisant usage de courants très-faibles; mais ce procédé est incomplet, et voici pourquoi : supposons qu'en réglant la résistance du circuit, ou par un autre moyen quelconque, on soit parvenu à équilibrer exactement la puissance magnétique de l'aimant temporaire et la force qui agit en sens contraire sur le contact (ordinairement la pesanteur), on se trouvera dans les conditions nécessaires pour que le temps compris entre l'instant de la *disjonction* et celui où le contact se met en mouvement, soit un minimum. Eh bien, ce minimum peut encore être considérable en présence des temps très-petits qu'il s'agit de mesurer, attendu qu'au moment où le projectile opère une disjonction dans le circuit voltaïque, un courant d'induction, *direct*, produit par l'influence du courant sur le fil même qui le conduit, tend à augmenter momentanément le magnétisme de l'électro-aimant. Or, si ce temps est assez considérable, il subira des variations accidentelles qui détruiront toute l'exactitude des résultats que l'on voudra obtenir, parce que les appareils imaginés jusqu'à présent ne compensent pas les effets de ces variations.

Un autre moyen, auquel j'ai eu recours pour atténuer les effets perturbateurs des variations dans le

temps nécessaire à la polarisation et à la dépolarisation suffisante des aimants temporaires, consistait à employer une disjonction à laquelle j'avais donné le nom de *courants commutateurs*. L'électro-aimant était activé par la différence des actions contraires d'un faible courant et d'un courant plus énergique, et lorsqu'une disjonction était opérée dans ce dernier courant, l'autre renversait la polarité de l'aimant. Pour comprendre l'avantage de cette disposition, il faut se rappeler que l'aimantation du fer doux de l'aimant temporaire a lieu beaucoup plus rapidement que sa désaimantation. La polarisation est déterminée par l'action énergique du courant, tandis que la dépolarisation n'est que le résultat d'une réaction d'autant moins complète que le fer est moins pur.

J'ai abandonné ce procédé, parce qu'il exige que les courants commutateurs soient convenablement réglés, opération minutieuse et incompatible avec les travaux de polygone. D'ailleurs j'avais trouvé mieux.

J'arrive à la description de mon procédé, qui a pour objet d'obvier aux inconvénients que je viens de signaler et à beaucoup d'autres qui n'ont pu échapper aux personnes qui se sont occupées de la question.

Mon système comporte l'emploi de trois instruments : 1° le *Pendule* (pièce principale); 2° le *Conjoncteur;* 3° le *Disjoncteur*.

Le pendule peut parcourir une oscillation de 150 degrés en partant de sa position initiale, mais le temps de cette oscillation n'entre pour rien dans les

calculs, et sa grandeur ne peut altérer l'exactitude des résultats, parce que la vitesse du corps oscillant est calculée de degrés en degrés. Il est maintenu dans sa position initiale au moyen d'un aimant temporaire activé par un courant dont le circuit passe devant la bouche de la pièce. Cet électro-aimant agit directement sur un morceau de fer doux encastré dans la lentille du pendule. Par une disposition particulière, qui ne pourrait être bien comprise sans dessin, on obtient que le pendule ne soit jamais arrêté brusquement; un indicateur, qui est d'abord entraîné dans le mouvement oscillatoire, est seul arrêté au lieu du pendule. Cet indicateur peut être arrêté directement par un électro-aimant qui est placé, à cet effet, très-près d'une rondelle en fer doux faisant corps avec l'indicateur et dont le centre coïncide avec l'axe du pendule.

Le conjoncteur consiste en une tige verticale le long de laquelle peut se mouvoir un électro-aimant activé par un courant, qui circule dans les fils étalés sur un *cadre-cible*, placé à une distance connue de la pièce. Cet électro-aimant soutient, lorsqu'il est actif, un poids en plomb muni d'un morceau de fer doux à sa partie supérieure. Quant le boulet passe dans le cadre-cible et coupe le fil conducteur, le *poids* du conjoncteur tombe et fait fléchir une lamette disposée de manière à fermer le circuit qui active l'électro-aimant, ayant pour fonction d'arrtêer l'indicateur.

Le disjoncteur est un petit instrument muni d'une

détente sur laquelle il suffit d'agir pour
tanément des disjonctions dans les de
le boulet doit couper *successivement*.

Voici comment on fait usage de l'a

Supposons le disjoncteur fermé ; les
complets.

Le pendule est maintenu dans sa p

Le *poids* est suspendu à l'électro-
joncteur.

Je presse sur la détente du disjonc
se met en mouvement, le poids du co
rencontre la lamette de cet instrume
le circuit de l'électro-aimant destin
dicateur, rend cet aimant temporai
guille indicatrice. Je note la course
dicateur, course angulaire que je re

Je ferme le disjoncteur, et les co
blis, je replace le pendule dans sa
je suspens le poids au conjoncteur

Le signal du feu est donné ; le
jectile, coupant successivement l
par lesquels passent respectivem
active l'électro-aimant du pendul
l'aimant temporaire du conjoncte
dont il a déjà été question sont p

Je note l'indication de l'aiguil
que je représente par x', sera plus
ces deux opérations, l'une exéc
disjoncteur, l'autre au moyen d
fourni des résultats égaux si elles

AL

ÉCIALES.

FIN DE LA TABLE DU TOME 11e DE LA 3e SÉRIE.

Paris. — Typ. de H. V. de Surcy et Cie, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

Paris. — Typographie de H. V. de Surcy et Cᵉ, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES

ET DE L'ÉTAT-MAJOR,

PUBLIÉ

SUR LES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES OFFICIERS
DES ARMÉES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES,

PAR

J. CORRÉARD,

Ancien ingénieur.

TOME XII. — 3e SÉRIE.

PARIS

LIBRAIRIE MILITAIRE, MARITIME ET POLYTECHNIQUE

DE J. CORRÉARD,

LIBRAIRE-ÉDITEUR ET LIBRAIRE-COMMISSIONNAIRE,

RUE CHRISTINE, 1.

1852.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

FORMULES DES PORTÉES

Par PITON-BRESSANT,
Lieutenant en 1[er] d'artillerie de marine.

DEUXIÈME MÉMOIRE.

II.

Formule générale des portées dans l'air.

20. Dans un premier mémoire, nous avons examiné les propriétés d'une formule dont l'usage ne saurait être admis au delà de 10°. Cette formule était la suivante :

$$\tang \alpha = g\left(\frac{X}{2V^2} + \frac{KX^2}{3}\right),$$

laquelle, en remarquant que

$$V = V_0 \cos \alpha = \frac{V_0}{\sqrt{1 + \tang^2 \alpha}}.$$

peut être mise sous la forme

$$(7)\qquad \operatorname{tang}\alpha = \frac{gX}{2V_0^2}(1+\operatorname{tang}^2\alpha) + \frac{gKX^2}{3}.$$

21. Nous allons aujourd'hui aborder l'examen d'une formule générale, dont la première peut être considérée comme une simplification dans le cas particulier du tir surbaissé.

$$(12)\quad \operatorname{tang}\alpha = \frac{gX}{2V_0^2}(1+\operatorname{tang}^2\alpha) + \frac{gQX^2}{10^{10}}(1+2\operatorname{tang}\alpha).$$

Le remplacement de $\frac{K}{3}$, facteur constant, par $\frac{Q}{10^{10}}$, autre facteur constant, ne constitue qu'une différence de rotation.

La différence essentielle consiste en ce que le terme qui représente la résistance de l'air est multiplié dans la nouvelle équation par le facteur $(1+2\operatorname{tang}^2\alpha)$. Ce coefficient convergeant vers l'unité, à mesure que l'angle diminue, les deux formules convergent l'une vers l'autre dans le cas du tir de plus en plus surbaissé.

22. Q représentant le coefficient de la résistance, doit être zéro lorsque cette résistance est supposée nulle; et l'on doit alors retomber sur la formule du tir dans le vide. C'est un caractère de rationalité

auquel notre formule satisfait ; il suffit pour la distinguer des formules purement empiriques.

23. Résolue par rapport à tang α, elle prend la forme :

$$(13) \qquad \operatorname{tang}\alpha = \frac{V_0^2}{gX\left(1+\frac{4QV_0^2X}{10^{10}}\right)}$$

$$\pm\sqrt{\left\{\frac{V_0^2}{gX\left(1+\frac{4QV_0^2X}{10^{10}}\right)}\right\} - \left\{\frac{1+\frac{2QV_0^2X}{10^{10}}}{1+\frac{4QV_0^2X}{10^{10}}}\right\}}.$$

En posant $X=o$, on trouve tang $\alpha=\infty$, et tang $\alpha=o$, c'est-à-dire que la portée est nulle à 90° comme à 0°.

24. On peut mettre en facteur la quantité

$$\frac{1}{\left(1+\frac{4QV_0^2X}{10^{10}}\right)},$$

on a alors

$$(14) \qquad \operatorname{tang}\alpha = \frac{1}{\left(1+\frac{4QV_0^2X}{10^{10}}\right)}$$

$$\left[\frac{V_0^2}{gX} \pm \sqrt{\frac{V_0^4}{g^2X^2} - \left(1+\frac{2QV_0^2X}{10^{10}}\right)\left(1+\frac{4QV_0^2X}{10^{10}}\right)}\right].$$

La quantité sous le radical étant une fonction décroissante de X positif, on voit que si cette quantité s'annule pour une certaine portée, elle deviendra négative, et tang α imaginaire, pour toutes les portées supérieures. Il y aura donc une portée maximun, que nous désignerons par P, et dont la valeur sera donnée par l'équation :

$$\frac{V_0^4}{g^2}=P^2\left(1+\frac{2QV_0^2P}{10^{1}_{0}}\right)\left(1+\frac{4QV_0^2P}{19^{10}}\right).$$

L'équation est du 4e degré; mais elle n'admet qu'une racine positive. En effet, le second membre est une fonction croissante de P positif; par suite deux valeurs positives de P, différentes entre elles, donneront toujours au second membre des valeurs inégales. Si l'une est racine de l'équation, l'autre ne le sera donc pas, puisque le premier membre est constant.

25. L'angle de plus grande portée est donnée par l'équation :

$$(15)\qquad \text{tang}\ \theta=\frac{V_0^2}{gP\left(1+\frac{4QV_0^2P}{10^{10}}\right)},$$

$$\text{tang}^2\ \theta=\frac{V_0^4}{g^2P^2\left(1+\frac{4QV_0^2P}{10^{10}}\right)^2}=\frac{1+\frac{2QV_0^2P}{10^{10}}}{1+\frac{4QV_0^2P}{10^{10}}}.$$

Le dernier membre est de la forme

$$\frac{1+m}{1+2m}=\frac{\frac{1}{m}+1}{\frac{1}{m}+2},$$

fonction décroissante de m positif. Or, $m=2QV_{0}^{2}P$ est un produit essentiellement positif, c'est-à-dire compris entre zéro et l'infini positif.

D'un autre côté, pour $m=0$, la fraction égale 1 ;
pour $m=\infty$, elle est égale à $\frac{1}{2}$.

Donc, $\tang^2\theta$ est toujours comprise entre 1 et $\frac{1}{2}$;
$\tang\theta$. . . . . entre 1 et $\sqrt{\frac{1}{2}}$.

L'angle de plus grande portée peut donc varier entre 45° et 35° 15' 52''.

26. Les formules (13) et (14) indiquent que toute portée inférieure à la portée maximum peut être donnée par deux angles de départ, l'un plus grand, l'autre plus petit que l'angle de plus grande portée.

27. Jusqu'ici nous n'avons examiné que les propriétés générales de la formule, et les conclusions auxquelles nous avons été conduits se sont trouvées d'accord avec les données générales de l'expérience.

Nous allons maintenant aborder la comparaison des résultats numériques, qui sont l'objet de la balistique usuelle.

28. Pour première épreuve, nous reprendrons les expériences déjà interprétées dans le premier mé-

moire au moyen de la formule du tir surbaissé, et nous ferons voir que les différences constatées sous les grands angles entre notre première méthode et celle de Gavres, tendent à disparaître quand on fait usage de la formule générale.

29. *Expériences de Gavres*, 1848.

Canon de 30, n° 3. Boulet massif.

Charge : 3 kilog. Poudre : Rippault, 1842. Vitesse initiale : 418^m.

Il faut d'abord déterminer Q en introduisant les données d'expérience dans la formule :

$$(16)\qquad Q = \left(\frac{\tang \alpha}{gX^2} - \frac{1+\tang^2 \alpha}{2V_0^2 X}\right)\left(\frac{10^{10}}{1+2\tang^2 \alpha}\right).$$

Angles de départ observés.	Portées observées.	Valeurs de $10^{10}\left(\frac{\tang \alpha}{gX^2} - \frac{1+\tang^2 \alpha}{2V_0^2 X}\right)$	Valeurs de Q calculées.
37' 47"	323^m	18,785	18,780
1° 45' 19"	718	20,702	20,663
5° 26' 18"	1647	18,229	17,904
10° 15' 56"	2489	17,921	16,818

Valeur moyenne de Q = 18,541.

30. Nous allons, avec cette valeur de Q, calculer les portées que donne la formule suivante, déduite de l'équation (12)

$$X = -\frac{10^{10}(1+\tan^2\alpha)}{4QV_0^2(1+2\tan^2\alpha)} + \sqrt{\left[\frac{10^{10}(1+\tan^2\alpha)}{4QV_0^2(1+2\tan^2\alpha)}\right]^2 + \frac{10^{10}\tan\alpha}{gQ(1+2\tan^2\alpha)}},$$

ou bien :

$$(17) \qquad X = -\frac{10^{10}}{4QV_0^2(1+\sin^2\alpha)} + \sqrt{\left[\frac{10^{10}}{4QV_0^2(1+\sin^2\alpha)}\right]^2 + \left(\frac{10^{10}}{2gQ}\right)\frac{\sin 2\alpha}{(1+\sin^2\alpha)}}.$$

Comparaison.

Angles de départ.	Portées Observées	Portées calculées par la formule (17).	Portées déduites de la table de Gavres par interpolation.	Différences avec l'observé. formule (17).	Différences avec l'observé. Table de Gavres.
37' 47"	323m	323m	321m	«	— 2m
1° 45' 19"	718	738	740	+ 20m	+ 22
5° 26' 18"	1647	1628	1643	— 19	— 4
10° 15' 56"	2489	2399	2414	— 90	— 75

31. Charge : 2^{kil},500. Vitesse initiale : 395^m.

Angles de départ observés.	Portées observées.	Valeurs de $10^{10}\left(\frac{\tang \alpha}{gX^2} - \frac{1 + \tang \alpha}{2V_0{}^2X}\right)$.	Valeurs de Q calculées.
39' 40"	307^m	20,405	20,399
1° 44' 5"	681	19,469	19,433
5° 25' 50"	1594	17,854	17,537
10° 17' 40"	2234	22,281	20,902

Valeur moyenne de Q = 19,568,

Comparaison.

Angles de départ.	Portées			Différences avec l'observé.	
	Observées	calculées par la formule (17).	déduites de la table de Gavres par interpolation.	Formule (17).	Table de Gavres.
39' 40"	307^m	309^m	304^m	$+ 2^m$	$- 3^m$
1° 44' 5"	681	680	678	− 1	− 3
5° 25' 50"	1594	1538	1535	− 56	− 59
10° 17' 40"	2234	2290	2276	+ 56	+ 42

En analysant les résultats des deux tableaux comparatifs, il serait difficile de dire laquelle des deux méthodes représente le mieux les expériences.

32. Passons à l'établissement des tables de tir.

Pour cette opération la formule doit être mise sous une forme plus commode. On a :

$$\tang \alpha = \frac{gX}{2V_0^2}(1+\tang^2\alpha) + \frac{gQX^2}{10^{10}}(1+2\tang^2\alpha)$$

$$\frac{2\tang\alpha}{1+\tang^2\alpha} = \frac{gX}{V_0^2} + \frac{2gQX^2}{10^{10}}\left(\frac{1+2\tang^2\alpha}{1+\tang^2\alpha}\right).$$

$$(18) \qquad \sin 2\alpha = \frac{gX}{V_0^2} + \frac{2gQ}{10^{10}}(1+\sin^2\alpha)X^2.$$

Quand on établit les tables de tir pour des distances de 100 en 100 mètres, la loi des différences premières et secondes est assez facile à saisir pour que l'on puisse assigner d'avance la valeur de l'angle que l'on cherche, avec moins d'une minute d'erreur. Or, cette approximation est plus que suffisante pour le calcul du terme $(1 + \sin^2\alpha)$. Car on peut s'assurer qu'une erreur même de 5', dans la valeur de α employée pour ce calcul préalable, n'aurait qu'une influence tout à fait inappréciable sur le résultat définitif.

La table suivante donnera immédiatement la valeur de la fonction qui doit entrer dans le calcul logarithmique. Nous obtiendrons de cette manière une simplification très-grande dans l'établissement des tables de tir.

Table donnant les valeurs de $F(\alpha) = \log (1 + \sin^2 \alpha)$.

	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°
0'	0,000 0000	0,000 1323	0,000 5286	0,001 1880	0,002 1081	0,003 2865	0,004 7195
5'	0009	1552	5735	2547	1965	3962	8503
10'	0036	1800	6203	3232	2867	5077	9828
15'	0082	2066	6692	3936	3787	6210	0,005 1170
20'	0147	2351	7193	4658	4724	7361	2530
25'	0230	2654	7715	5398	5679	8529	3907
30'	0332	2975	8256	6156	6652	9714	5301
35'	0451	3315	8814	6932	7643	0,004 0917	6713
40'	0589	3672	9390	7726	8652	2137	8142
45'	0745	4048	9985	8538	9679	3375	9587
50'	0921	4443	0,001 0599	9368	0,003 0723	4631	0,006 1050
55	1112	4855	1230	0,002 0215	1785	5904	2530

	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°
0'	0,006 4028	0,008 3315	0,010 5000	0,012 9020	0,015 5308	0,018 3789	0,021 4386
5'	5542	5031	6913	0,013 1125	7599	6259	7029
10'	7073	6764	8843	3246	9904	8744	9685
15'	8622	8513	0,011 0789	5382	0,016 2225	0,019 1234	0,022 2355
20'	0,007 0187	0,009 0280	2815	7534	4561	3757	5039
25'	1769	2062	4728	9702	6912	6286	7737
30'	3368	3862	6712	0,014 1885	9278	8828	0,023 0449
35'	4984	5677	8732	4084	0,017 1659	0,020 1386	3175
40'	6616	7509	0,012 0758	6298	4055	3957	5915
45'	8266	9357	2800	8527	6466	6543	8669
50'	9932	0,010 1222	4857	0,015 0772	8892	9143	0,024 1438
55'	0,008 1615	3103	6931	3032	0,018 1333	0,021 1758	4220

On doit également avoir préparé une fois pour toutes une table contenant les valeurs de log X et log X², de 100ᵐ en 100ᵐ, jusqu'à 2,400ᵐ.

X	Log X.	Log X².
100ᵐ	2,	4,
200	2,3010300	4,6020600
300	2,4771213	4,9542425
400	2,6020600	5,2041200
500	2,6989700	5,3979400
600	2,7781513	5,5563025
700	2,8450980	5,6901961
800	2,9030900	5,8061800
900	2,9542425	5,9084850
1000	3,	6,
1100	3,0413927	6,0827854
1200	3,0791812	6,1583625

X.	Log X.	Log X².
1300ᵐ	3,1139434	6,2278867
1300	3,1461280	6,2922561
1500	3,1760913	6,3521825
1600	3,2041200	6,4082400
1700	3,2304489	6,4608978
1800	3,2552725	6,5105450
1900	3,2787536	6,5575072
2000	3,3010300	6,6020600
2100	3,3222193	6,6444386
2200	3,3424227	6,6848454
2300	3,3617278	6,7234557
2400	3,3802112	6,7604225

A l'aide de ces tables, il ne faut pas quatre heures de temps pour calculer une table de tir à 24 distances.

Type des Calculs.

$V_0 = 418^m$ $Q = 18,541$

Calcul préliminaire.

Log V_0	2,6211763	Log $\frac{1}{10^{10}}$	— 10
Log V_0^2	5,2423526	Log 2	0,3010300
Log $\frac{1}{V_0^2}$	— 6,7576474	Log Q	1,2681332
Log g	0,9916690	Log g	0,9916690
Log $\frac{g}{V_0^2}$	— 5,7493164	Log $\frac{2gQ}{10^{10}}$	— 8,5608322

Calcul pour X = 100^m.

Log $\frac{g}{V_0^2}$	$-5,7493164$	Log $\frac{2gQ}{10^{10}}$	$-8,5608322$
Log X	2,	Log X^2	4,
		F(10')	0,0000036
	$-3,7493164$		$-4,5608358$

$\frac{gX}{V_0^2}$	0,00561457
$\frac{2gQ}{10^{10}}(1+\sin^2\alpha)X^2$	0,00036378
Sin 2α	0,00597835
Log sin 2α	$-3,7765814$
2α	20'34"
α =	10'17"

X = 200^m.

	$-5,7493164$		$-8,5608322$
Log X	2,3010300	Log X^2	4,6020600
		F(20')	0,0000147
	$-2,0503464$		$-3,1629069$

0,01122914
0,00145515
0,01268429
$-2,1032662$
43' 36"
α = 21' 48"

Et ainsi de suite.

Comparaison.

TABLES DE TIR DU CANON DE 30, n. 3.

Boulet massif. Charge : 3 k. $V_0 = 418$. $Q = 18{,}541$.

Distances.	Angles de départ.		Différences	
	Table de la commission de Gavre.	Table calculée par la formule (18).	en plus.	en moins.
100m	10' 47"	10' 17"	«	30"
200	22' 20"	21' 48"	«	32"
300	35' 2"	34' 35"	«	27"
400	48' 52"	48' 37"	«	15"
500	1° 4' 2"	1° 3' 54"	«	8"
600	1° 20' 24"	1° 20' 27"	3"	
700	1° 38' 1"	1° 38' 16"	15"	
800	1° 56' 53"	1° 57' 22"	29"	
900	2° 17' 0"	2° 17' 44"	44"	
1000	2° 38' 22"	2° 39' 25"	1' 3"	
1100	3° 0' 57"	3° 2' 20"	1' 23"	
1200	3° 24' 55"	3° 26' 40"	1' 45"	
1300	3° 49' 58"	3° 52' 20"	2' 22"	
1400	4° 16' 26"	4° 19' 25"	2' 59"	
1500	4° 44' 6"	4° 47' 48"	3' 37"	
1600	5° 13' 23"	5° 17' 38"	4' 15"	
1700	5° 44' 16"	5° 49' 2"	4' 56"	
1800	6° 16' 7"	6° 22' 0"	5' 53"	
1900	6° 50' 3"	6° 56' 25"	6' 22"	
2000	7° 25' 55"	7° 32' 36"	6' 41"	
2100	8° 3' 30"	8° 10' 37"	7' 7"	
2200	8° 43' 21"	8° 50' 30"	7' 9"	
2300	9° 25' 36"	9° 31' 45"	6' 19"	
2400	10° 9' 51"	10° 16' 20"	6' 29"	

Charge : $2^{kil},500$. $V_o = 395^m$. $Q = 12,568$.

Distances.	Angles de départ.		Différences	
	Table de la commission de Gavres.	Table calculée par la formule (18).	en plus.	en moins.
100m	12' 11"	11' 28"	»	43"
200	24' 57"	24' 15"	»	42"
300	39' 4"	38' 22"	»	42"
400	54' 28"	53' 48"	»	40"
500	1° 11' 13"	1° 10' 34"	»	39"
600	1° 29' 19"	1° 28' 39"	»	40"
700	1° 48' 48"	1° 48' 5"	»	43"
800	2° 9' 38"	2° 8' 52"	»	46"
900	2° 31' 51"	2° 31' 1"	»	50"
1000	2° 55' 25"	2° 54' 32"	»	53"
1100	3° 20' 22"	3° 19' 26"	»	56"
1200	3° 46' 46"	3° 45' 46"	»	1' 0"
1300	4° 14' 34"	4° 13' 33"	»	1' 1"
1400	4° 43' 52"	4° 42' 48"	»	1' 4"
1500	5° 14' 39"	5° 13' 35"	»	1' 4"
1600	5° 47' 5"	5° 45' 53"	»	1' 12"
1700	6° 21' 10"	6° 19' 51"	»	1' 19"
1800	5° 56' 45"	6° 55' 29"	»	1' 16"
1900	7° 34' 35"	7° 32' 56"	»	1' 39"
2000	8° 14' 26"	8° 12' 8"	»	2' 18"
2100	8° 56' 40"	8° 53' 30"	»	3' 10"
2200	9° 41' 26"	9° 36' 47"	»	4' 39"
2300	10° 28' 40"	10° 22' 25"	»	6' 15"
2400	11° 19' 15"	11° 10' 38"	»	8' 37"

Les différences sont sans importance, et il faut remarquer que nous n'avons pas cherché à obtenir l'accord en disposant arbitrairement, soit de la vitesse, soit du coefficient de résistance. La vitesse est celle adoptée par la commission ; le coefficient est exactement la moyenne indiquée par les expériences.

Traduite en longueur, la différence maximum n'atteint pas 20 mètres.

Ce qui précède suffit pour apprécier l'aptitude que possède la formule générale pour servir à l'établissement des tables de tir. Sous le rapport de l'exactitude, s'il s'agissait de prononcer entre notre méthode et celle de la commission de Gavres, nous croyons qu'il y aurait incertitude complète. Nous ne pouvions espérer rien de plus sous ce rapport.

33. Nous considérons maintenant comme établie l'exactitude de la formule pour les quinze premiers degrés. Nous avons à lui assurer la même confiance pour les angles supérieurs.

On a constaté à Gavres, en 1846, les portées des canons de 36 et de 50, jusqu'à 30°. Depuis, en 1848, la commission a fait tirer comparativement les canons de 30, n° 1 (30 *long*), 50 et 60, sous des angles de 10°, 15°, 20° et 25°. Nous n'avons pas les procès-verbaux de ces expériences. Mais, ayant assisté à celles de 1848, nous avons retrouvé dans nos notes une partie des résultats.

Boulet massif. Charge du $\frac{1}{3}$ Vitesse commune : 485^m	Portées moyennes sous l'angle de tir de			
	10°	15°	20°	25°
Canon de 30, n. 1.	2605^m	3158^m	3666^m	3809^m
» de 50.	2798	3347	«	4226
» de 60.	2838	3392	«	«

L'angle de départ n'a pas été mesuré. On sait qu'en moyenne il est toujours supérieur à l'angle de tir : Sous les grands angles la différence est souvent considérable.

Nous prendrons $Q = \frac{21}{ad}$, ce qui nous donnera les valeurs suivantes :

Calibre de 30. . . . $Q = 18,403$
» 36. 17,359
» 50. 15,540
» 60. 14,685

Avec ces données nous allons calculer l'angle nécessaire pour atteindre les portées d'expérience.

En posant

$$1 + \frac{4QV_0^2X}{10^{10}} = \frac{1}{f^2},$$

$$\frac{2fV_0^2}{gX} = u,$$

on aura

(19) $$\tang \alpha = u - \sqrt{u^2 - f - 0,5}.$$

Résultats des Calculs.

	Portées	Angles de tir.	Angles de départ déduits de la portée par la formule (19).	Différences en plus	Différences en moins.
Canon de 30, n. 1. —	m 2605	10°	10° 36' 40"	36' 40"	«
	3158	15°	15 35' 35"	35' 35"	«
	3666	20°	22° 36' 45"	2° 36' 45"	«
	3809	25°	25° 40' 50"	40' 50"	«
Canon de 30 —	2798	10°	10° 39' 36"	39' 36"	«
	3347	15°	15° 8' 52"	8' 52"	«
	4226	25°	29° 4' 0"	4° 4' 0"	«
Canon de 60 —	2838	10°	10 29' 58"	29' 58"	»
	3392	15°	14° 49' 25"	»	10' 35"
			Totaux. . .	9° 52' 16"	10' 35"

Somme algébrique des différences : + 9° 41' 41"

Moyenne : + 1° 4' 38"

34. Si l'on devait admettre que les anomalies du tir se compensent mutuellement, le calcul indiquerait un relèvement moyen de plus d'un degré. Cette valeur paraît trop forte. En nous reportant aux résultats de différents tirs exécutés à Gavres sous l'angle de 10° et pour lesquels le relèvement a été obtenu par une mesure directe (*volume de* 1841, *page* 100), nous sommes conduit à supposer un relèvement moyen sous les grands angles d'environ 30'.

En adoptant cette valeur, nous allons donner les portées que le calcul indique pour les trois pièces et pour celle de 36, sous des angles de tir de 10° à 35°.

Boulet massif. Vitesse initiale : 485^m. $Q = \frac{21}{ad}$.

Angles		Portées des canons			
de tir.	de départ.	de 30 n° 1.	de 36.	de 50.	de 60
10°	10° 30'	2590^m	2653^m	2775^m	2840^m
15°	15° 30'	3149	3229	3384	3465
20°	20° 30'	3542	3633	3811	3905
25°	25° 30'	3802	3901	4096	4198
30°	30° 30'	3954	4058	4263	4372
35°	35° 30'	4014	4121	4332	4442

Comparaison.

	Angle de tir.	Portées		Différences	
		d'expérience	calculées.	en plus.	en moins
Canon de 30, n. 1.	10°	2605m	2590m	«	15m
	15°	3158	3149	«	9
	20°	3666	3542	«	124
	25°	3809	3802	«	7
Canon de 50	10°	2798m	2775m	«	24m
	15°	3347	3384	37	«
	25°	4226	4096	«	130
Canon de 60	10°	2838m	2840m	2	«
	15°	3392	3465	73	«

Les différences sont certainement très-acceptables.

35. *Vitesses initiales des bombes.* — La légitimité de notre formule nous paraissant maintenant démontrée, nous allons l'appliquer à calculer les vitesses des bombes lancées par le mortier à plaque de la marine, avec les diverses charges essayées. Ce calcul n'avait jamais été fait, faute d'une formule présentant des garanties suffisantes d'exactitude.

Toutefois nous ne donnons les résultats de la nôtre que comme des approximations, à cause de la nécessité où nous sommes de déterminer Q *à priori*, ce qui nous expose à quelque erreur sur ce coefficient et par suite sur les vitesses. Dans le cas actuel, nous sommes obligés de considérer ce coefficient comme indépendant de la charge, et de lui assigner une valeur moyenne que nous prenons égale à $\frac{11a^2 10^8}{p}$; ce qui revient à la valeur $\frac{21}{ad}$, employée ci-dessus ; p étant le poids du projectile, a son diamètre et d sa densité. Nous trouverons de cette manière pour la bombe en usage dans la marine, $Q = 15{,}035$.

36. *Mortier de* $0^m{,}32$. Inclinaison moyenne de l'axe du mortier : 43° 23'. Diamètre des bombes : $0^m{,}3197$. Poids des bombes chargées : $74^k{,}780$.

Poudre : Pont de Buis, 1837 ; ayant donné à Gavres une portée de 255^m à l'éprouvette.

$$(24) \qquad \frac{1}{V_0^2} = \frac{\sin 2\alpha}{gX} - \frac{2QX(1+\sin^2\alpha)}{10^{10}}.$$

Poids de la charge.	Portées observées.	Vitesses initiales déduites des portées par la formule (24).
kilog.	m.	m.
0.500	255	50,1
1.	554	74,3
1.500	899	95,7
2.	1248	114,7
2.500	1510	128,3
3.	1761	141,4
3.500	2005	154,5
4.	2231	167,3
4.500	2388	176,6
5.	2662	194,4
5.500	2905	212,3
6.	2974	217,9
7.	3237	241,7
8.	3366	255,3
9.	3452	265,3
10.	3677	296,1
11.	3712	301,7
12.	3821	320,7
13.	3945	346,3
14.	4018	364,0

Les irrégularités que présente la série des portées se reproduisent nécessairement dans celle des vitesses. Si l'on se proposait de les faire disparaître au moyen d'une formule exprimant la relation entre la charge et la vitesse, il faudrait savoir quelle forme doit affecter cette relation, dans le cas du mortier à plaque.

C'est ce que la figure singulière de la chambre ne permet guère de préjuger.

37. *Tir du mortier-éprouvette.* Le globe du mortier-éprouvette ayant pour diamètre $0^m,1895$ et pour poids $29^k,370$. nous trouverons pour lui $Q = 13,449$. D'après cela, une portée de 235 mètres, due à une charge de 92 grammes, indiquera une vitesse initiale de $48^m,05$.

En supposant la résistance nulle, la vitesse nécessaire pour obtenir la même portée serait de $48^m,01$.

On voit par là que le tir de l'éprouvette peut être considéré comme ayant lieu dans le vide.

38. *De l'angle de plus grande portée.* — Les formules sont :

$$(20) \qquad Q = -\frac{3.10^{10}}{8V_0^2P} + \sqrt{\frac{10^{20}}{64V_0^4P^2} + \frac{10^{20}}{8g^2P^4}};$$

$$(21) \qquad \text{tang}\,\Theta = \frac{10^{10}}{4g\,P^2}\left(\frac{1}{\frac{10^{0}}{4V_0^2P} + Q}\right)$$

V_0 et Q étant donnés, on obtient P au moyen de substitutions successives dans l'équation (20). Connaissant V_0, Q et P, on en déduit ω.

Projectile.	Valeur de Q.	Charge de poudre.	Vitesse initiale.	Angle de plus grande portée.	Portée moyenne correspondante.
MORTIER A PLAQUE.		1k. 100	80m	44° 50'	641m
Bombe de 0m,32.	15,035	3. 600	160	43° 8'	2104
		11. 900	320	38° 51'	3848
CANON DE 50.					
Boulet massif. . . .	15,540	8k.	485m	37° 1'	4335m
Boulet creux. . . .	4,686	6.	552	36° 22'	3580

III.

Formule simplifiée pour le tir peu élevé.

39. Il a été établi que le tir surbaissé pouvait être représenté par l'équation :

$$(7)\qquad \text{tang}\,\alpha = \frac{gX}{2V_0^2}(1+\text{tang}^2\alpha) + \frac{gQX}{10^{10}}.$$

Nous avons cherché à démontrer que la relation exacte est la suivante :

$$(12)\quad \text{tang}\,\alpha = \frac{gX}{2V_0^2}(1+\text{tang}^2\alpha) + \frac{gQX^2}{10^{10}}(1+2\,\text{tang}^2\alpha).$$

Or, il est évident que l'on aura une approximation comprise entre celles des deux formules, si l'on emploie celle que voici :

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{gX}{2V_0^2}(1+\text{tang}^2\alpha) + \frac{gQX^2}{10^{10}}(1+\text{tang}^2\alpha),$$

formule qui peut prendre cette forme très-simple :

$$(22)\qquad \sin 2\alpha = \frac{gX}{V_0^2} + \frac{2gQX^2}{10^{10}}.$$

Cette formule simplifiée peut s'employer jusqu'à 15°, ce qui dépasse la limite extrême des tables de tir pour les canons et obusiers.

IV.

Conclusions.

1° L'équation

$$(23)\qquad y = x \operatorname{tang} \alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2}(1 + \operatorname{tang}^2 \alpha) - \frac{gQx^3}{10^{10}}(1 + 2 \operatorname{tang}^2 \alpha).$$

employée pour représenter les trajectoires moyennes, s'accorde avec les expériences connues.

2° La relation entre les angles de départ et les portées moyennes est exactement représentée sous un angle quelconque par l'équation :

$$(12)\qquad \operatorname{tang} \alpha = \frac{gX}{2V_0^2}(1 + \operatorname{tang}^2 \alpha) + \frac{gQX^2}{10^{10}}(1 + 2 \operatorname{tang}^2 \alpha),$$

que nous appellerons la *formule générale des portées dans l'air.*

3° Cette formule se résout dans les suivantes :

$$(13)\qquad \operatorname{tang} \alpha = \frac{V_0^2}{gX}\left(\frac{1}{1 + \frac{4QV_0^2X}{10^{10}}}\right) \pm \sqrt{\left\{\frac{V_0^2}{gX}\left(\frac{1}{1 + \frac{4QV_0^2X}{10^{10}}}\right)\right\}^2 - \left\{\frac{1 + \frac{2QV_0^2X}{10^{10}}}{1 + \frac{4QV_0^2X}{10^{10}}}\right\}};$$

(17) $$X = -\frac{10^{10}}{4QV_0^2(1+\sin^2\alpha)} + \sqrt{\left[\frac{10^{10}}{4QV_0^2(1+\sin^2\alpha)}\right]^2 + \frac{10^{10}\sin 2\alpha}{2gQ(1+\sin^2\alpha)}};$$

(24) $$\frac{1}{V_0^2} = \frac{\sin 2\alpha}{gX} - \frac{2QX}{10^{10}}(1+\sin^2\alpha);$$

(25) $$Q = \frac{10^{10}\sin 2\alpha}{2gX^2(1+\sin^2\alpha)} - \frac{10^{10}}{2V_0^2X(1+\sin^2\alpha)}$$

4° Pour le calcul des tables de tir, il est commode d'employer la formule générale sous cette forme équivalente :

(18) $$\sin 2\alpha = \frac{gX}{V_0^2} + \frac{2gQ}{10^{10}}(1+\sin^2\alpha)X^2.$$

5° Enfin, de 0° à 15°, on obtient une approximation suffisante en employant la *formule simplifiée* :

(22) $$\sin 2\alpha = \frac{gX}{V_0^2} + \frac{2gQX^2}{10^{10}}.$$

—

Basse-Terre (Guadeloupe), septembre 1850.

P.-B.

Lieutenant d'artillerie de marine.

ÉTUDES

SUR

LES ACIERS

DONT L'ARTILLERIE FAIT USAGE,

PAR

DE MASSAS.

Chef d'escadron d'artillerie.

AVANT-PROPOS.

Les ouvrages de science traitent de l'acier d'une manière incomplète; les contradictions que j'y ai remarquées, m'ont conduit à faire des expériences dans le but de reconnaître et de préciser l'influence bonne ou mauvaise des fers employés, et des charbons de diverses espèces sur la qualité de l'acier de cémentation, et celle de plusieurs sortes de liquides à température variée sur la trempe.

Il s'agit de résoudre les questions principales suivantes:

1° La silice peut-elle, sans le concours du carbone, rendre le fer acier?

2° Les charbons qui ne contiennent pas de silice sont-ils aptes à aciérer le fer?

3° Les charbons végétaux de bois durs ou tendres, ceux de matière animale, le charbon de terre.... peuvent-ils, dans le même intervalle de temps, cémenter le fer au même degré?

4° Une cémentation prolongée transforme-t-elle l'acier en fonte de fer?

5° Serait-il possible de se rendre maître de la fabrication de l'acier de cémentation et par suite de celle de l'acier fondu, au point de pouvoir reproduire à volonté et facilement un acier reconnu bon pour baguettes de fusil, baïonnettes, ressorts et pièces de platine, sabres, épées ou cuirasses ?

Afin d'être le plus possible concis, je n'ai pas extrait des livres les contradictions que l'on y trouve. Il m'a paru convenable de prendre la question d'art au point où elle paraît être et de la pousser en avant à l'aide d'expériences dirigées avec soin, sans m'inquiéter si les résultats à obtenir seraient en harmonie avec tel livre et en désaccord avec tel autre.

Les essais auxquels je me suis livré ont été nombreux, de longue durée, et je les ai faits consciencieusement ; ce travail peut donc être considéré comme exact, du moins je n'ai rien négligé pour qu'il le fût.

CHAPITRE Ier.

Cémentation du fer.

§ 1. *Fer et silice.*

On entend par acier toute combinaison dont le principal élément est le fer, qui, chauffée et refroidie brusquement, acquiert de la dureté.

Pour rechercher si la silice peut aciérer le fer par cémentation, je me suis servi de boîtes en tôle avec couvercle, les unes simples, les autres divisées en plusieurs compartiments, de fer malléable, ne cassant à aucune température et ne prenant nullement la trempe à l'eau froide, en un mot, de première qualité, et de silice provenant de cristaux de roche chauffés au rouge et jetés à l'eau, ce qui en fait la pulvérisation.

Le même fer étiré en baguette de dix millimètres de diamètre a été employé pour les expériences.

Trois barreaux longs de huit centimètres, limés et pesés avec le plus grand soin, ont été placés dans une boîte de tôle à trois compartiments préalablement remplis de poudre tamisée de cristal de roche.

La boîte ainsi préparée, fermée et lutée, a été maintenue au blanc dans un four chauffé au charbon de terre ; on l'a retirée après vingt-quatre heures pour en ôter le barreau de fer N° 1 ; on l'a remise au feu et chauffée encore pendant vingt-quatre heures; après avoir enlevé le barreau N° 2, on a replacé la boîte dans le foyer.

Après les trois jours, on a constaté ce qui suit :

1° La silice s'était prise en roche dure; il a fallu la casser pour en retirer les barreaux ; elle avait une teinte rose.

2° La surface des barreaux de fer était brillante et bleuâtre; on eût dit qu'ils venaient d'être décapés avec le plus grand soin.

3° Pesés de nouveau, on a trouvé une très-légère diminution de poids.

4° Tâtés à la lime, ils ont manifesté une dureté remarquable.

5° Placés sur les mâchoires écartées d'un étau, le N° 2 a cassé au premier coup de marteau à main ; le grain de la cassure était très-fin, serré et brillant. Les morceaux de fer étaient donc devenus durs et fragiles.

Ce dernier résultat me surprit beaucoup; il ne pouvait provenir d'une cémentation; car le poids des barreaux n'avait pas augmenté. D'ailleurs, le recuit au rouge rendait à ces barreaux leur malléabilité première, et, en les chauffant et jetant à l'eau, on ne leur donnait aucun degré de trempe. Que s'était-il donc passé?

Quand un phénomène est expliqué, tout est simple et c'est ainsi que les choses m'apparaissent aujourd'hui. La silice, très-fortement chauffée, devait éprouver un retrait sur elle-même et par suite presser avec d'autant plus de force le barreau de fer que la température était plus élevée; d'autre part, le fer tendait à se dilater et il ne pouvait le faire à cause du retrait de la silice.

En conséquence, le fer a subi un écrouissage exactement comme si on l'eût comprimé très-fortement ou battu à froid à coups de marteau.

La coloration de la silice provenait d'un peu de fer oxydé pris à la surface du barreau, et c'est là ce qui avait décapé et rendu cette surface si brillante.

Cette première expérience a été répétée en prolongeant la durée du feu et élevant la température, sans plus de succès pour la cémentation.

En conséquence, on ne peut cémenter directement le fer par la silice.

NOTA. Dans ces expériences, on n'a point poussé la chaleur jusqu'à fondre le fer.

§ 2. *Fer et charbons non siliceux.*

Après avoir épuisé l'expérience relative à la cémentation du fer par la silice, je me suis ingénié pour trouver des matières combustibles qui fussent le moins possible siliceuses. A la suite de quelques essais, mon choix s'est fixé sur le sucre et la gomme, tous les deux de première qualité, dont les charbons sont très-faciles à obtenir en vase clos et qui passent pour ne pas contenir de silice en quantité notable.

L'expérience précédente a donc été refaite afin de savoir si les charbons très-peu siliceux produiraient des aciers. Des barreaux de même fer, de dimensions égales, préparés d'une manière semblable et pesés, ont été mis dans deux boîtes préalablement remplies l'une de charbon de sucre, l'autre de charbon de gomme.

On a chauffé au rouge pendant quatorze heures seulement et, après ce laps de temps, on a laissé refroidir.

Le poids de chacun des barreaux a été trouvé augmenté; leur dureté à froid était plus forte que celle du fer primitif; rougis et jetés à l'eau, ils ont pris énergiquement la trempe.

Quatorze heures ont donc suffi aux charbons non ou très-peu siliceux pour cémenter le fer et le rendre acier jusqu'à une profondeur appréciable.

En résumé, la silice n'est pas apte à cémenter le fer et il est probable qu'elle ne peut, en aucun cas, rendre le fer acier, dans l'acception ordinaire de ce mot.

Les charbons les plus purs cémentent très-facilement le fer et lui donnent la propriété de prendre la trempe à l'eau. (Voir la cémentation par les charbons animaux au chapitre II.)

CHAPITRE II.

Des charbons et de leur degré de rapidité de cémentation.

Les charbons de gomme arabique et de sucre ayant produit promptement une cémentation très-efficace, il devenait naturel de rechercher si tous les charbons agiraient comme eux ou moins bien.

Pour faire cette expérience, je me suis servi du fer irréprochable dont il a été question au chapitre Ier : on en a tiré quinze morceaux du diamètre de 10 millimètres et de 8 centimètres de longueur ; ils ont été pesés et numérotés.

D'autre part, on a préparé une boîte en tôle de fer, à quinze compartiments numérotés de 1 à 15, dans lesquels on a mis :

1. Cendres de bois prises dans un foyer ordinaire.
2. Mélange de parties égales de charbons de chêne et de silice.
3. Charbon de buis.
4. — chêne.
5. — chènevotte.
6. — gomme arabique.
7. — oignon.
8. — corne de cheval.
9. — os de mouton.
10. — savates.
11. — corne, os et savates mêlés par tiers.
12. Noir de fumée non dégraissé.
13. Suie de cheminée de cuisine chauffée au bois.
14. Mélange de 1/2 de suie et de 1/2 de charbon de chêne.
15. Charbon de terre.

Tous ces charbons avaient été préparés en vase clos, pulvérisés et passés au tamis de soie.

On a mis les cylindres de fer dans les compartiments de même numéro qu'eux, et la boîte bien close a été placée dans un four chauffé au charbon de terre. On a conduit le feu le plus également possible et, après quatorze de température, on a laissé refroidir; le lendemain seulement j'ai fait retirer et ouvrir la boîte.

Les barreaux essayés à la lime, alternativement par trois serruriers, ont été classés, quant à leur dureté, dans l'ordre suivant :

§ 1er *Dureté relative avant la trempe des barreaux peu profondément cémentés.*

	Dureté du fer non cémenté,	0
1.	Cendres de bois,	0
2.	Corne de cheval,	0
3.	Suie de cheminée,	0
4.	Charbon de terre,	0
5.	— de chêne et silice,	1
6.	— de buis,	1
7.	— d'os, corne et savates mélangés,	1
8.	Noir de fumée non dégraissé,	1
9.	Mélange de charbon de chêne et de suie,	1
10.	Charbon de chêne,	2
11.	— chènevotte,	2
12.	— gomme arabique,	2
13.	Charbon d'os de mouton,	3
14.	— de savates,	3
15.	— d'oignon,	5

Ainsi les divers charbons, tout étant égal d'ailleurs, ont donné aux barreaux de fer des différences de dureté appréciables avant la trempe. Le charbon d'oignon doit surtout être remarqué. A quoi faut-il attribuer ces différences d'action ? Je ne saurais le dire avec certitude.

Les barreaux qui n'ont acquis aucune dureté par a cémentation seule seront-ils les moins durs après la trempe ? Cela pourra se faire, mais le contraire

peut avoir lieu; car il n'y a réellement aucune relation entre ces deux espèces de dureté, ainsi que le prouve le tableau ci-après.

§ 2. *Dureté relative après la trempe.*

Les barreaux précédents ont été placés sur une plaque et chauffés au rouge; j'ai pris toutes les précautions possibles pour qu'ils pussent atteindre un degré de température uniforme, du moins, d'après l'œil des observateurs; ce degré obtenu, on les a plongés dans l'eau ordinaire à la température de 15 degrés.

Les essais de trempe et de dureté ont été répétés plusieurs fois.

§ 3. *Classement après la trempe.*

(Les chiffres expriment la dureté relative des barreaux.)

	Dureté du fer pris pour type,	0
1.	Charbon de terre,	5
2.	Cendres de bois,	5
3.	Noir de fumée non dégraissé,	7
4.	Charbon de chêne,	10
5.	— chêne et silice tamisée,	10
6.	— os de mouton,	16

7.	Charbon de savates,	18
8.	Mélange de charbons animaux.	18
9.	Charbon de chènevotte,	18
10.	— buis,	18
11.	— gomme arabique,	19
12.	Mélange de corne de cheval,	20
13.	— suie et de charbon de chêne,	20
14.	Charbon d'oignon,	20
15.	— suie de cheminée de cuisine chauffée au bois,	25

Ces résultats sont vraiment bien remarquables.

Les cendres de bois contenant encore du charbon ont aciéré le fer autant que l'a fait le charbon de terre. Le charbon de chêne, au point de vue de la facilité de cémentation, est de beaucoup inférieur aux charbons de chènevotte, de buis, de gomme arabique, d'oignon et de charbons animaux, surtout de la suie grasse des cheminées de cuisine chauffées au bois.

Le peu d'efficacité du noir de fumée non dégraissé et du charbon de terre a été constatée plusieurs fois; c'est là une observation intéressante qu'il convient de noter.

La plupart de ces barreaux profondément cémentés étaient à peu près inattaquables à leurs deux bouts et un peu attaquables vers le milieu. La cémentation semblerait donc s'opérer plus facilement dans le sens des fibres du fer que perpendiculairement.

Résumé.

1° Les fers cémentés qui sont durs avant la trempe, ne sont pas toujours les plus durs après ; et ceux qui sont relativement mous peuvent acquérir par le temps une grande dureté : c'est là un fait important dans la pratique.

2° Les mêmes fers cémentés avec divers charbons, pendant un temps égal, mais court, et chauffés au même degré, durcissent inégalement à la trempe dans l'eau.

3° Les charbons qui agissent avec le plus d'efficacité sont, en première ligne : la suie grasse des cheminées de cuisine chauffées au bois ; en deuxième ligne, les charbons animaux de corne de cheval, de cuir (charbon de savates) et les charbons végétaux d'oignon, de chènevotte, de gomme arabique : bien après eux vient le charbon de chêne ; plus loin encore le noir de fumée non dégraissé, enfin le charbon de terre.

Observation I. — L'infériorité du charbon de terre, au point de vue de la promptitude de la cémentation, tendrait à faire présumer que les fontes de fer obtenues dans les hauts fourneaux chauffés au coke doivent être moins carburées que celles provenant des hauts fourneaux chauffés au charbon de bois ;

toutefois, comme les résultats dépendent non-seulement de la nature des charbons, mais encore de la durée de la fusion et de l'élévation de la température, les différences de carburation peuvent disparaître.

Observation II. — L'infériorité du noir de fumée non dégraissé me paraît digne d'être remarquée.

Quand on chauffe ce noir, il en sort une fumée jaunâtre, abondante d'abord, et qui s'éclaircit peu à peu et tend à disparaître.

Cette distillation de matière grasse empêcherait-elle au charbon de toucher les surfaces du fer et d'y adhérer, et rendrait-elle, par ce seul obstacle, la cémentation difficile? Peut-être est-ce bien là la cause de l'infériorité du noir de fumée non dégraissé; toutefois, avant d'admettre cette conjecture au rang des vérités, il eût été nécessaire de calciner fortement le noir, afin de le dégraisser à fond, et de s'en servir ensuite comme cément pour reconnaître si le dégraissage lui aurait donné la faculté de cémenter le fer avec plus de puissance.

J'ai négligé, à mon très-grand regret, de faire cette expérience comparative.

CHAPITRE III.

Tableau des fers par ordre de profondeur de cémentation.

Comme moyen de vérifier le classement du tableau n° 2, il m'a paru utile de comparer les profondeurs de cémentation ; dans ce but, tous les barreaux ont été cassés; voici le résultat de l'examen de chacun d'eux.

(Les chiffres expriment les profondeurs relatives de cémentation.)

Fer pur pris pour type,	0
1. Charbon de terre,	5
2. Cendres de bois,	5
3. Noir de fumée non dégraissé,	5
4. Chêne,	15

5.	Buis,	17
6.	Corne de cheval,	17
7.	Os de mouton,	17
8.	Savates,	17
9.	Mélange de charbons animaux,	17
10.	Chènevotte,	18
11.	Gomme arabique,	18
12.	Oignons,	18
13.	Suie de cheminée de cuisine,	18
14.	Mélange de 2/3 de suie et 1/3 de charbon de chêne,	18

Ainsi, le charbon de terre, les cendres de bois contenant peu de charbon et le noir de fumée non dégraissé ont donné à la cémentation une profondeur minimum; après eux vient le chêne. La profondeur la plus grande a été produite, d'abord par la suie de cheminée, les charbons d'oignon, de gomme arabique, de chènevotte, et ensuite par les charbons animaux.

CHAPITRE IV.

Quantité relative de carbone que les fers durs et tendres cémentés empruntent aux divers charbons

Dans des expériences aussi délicates, il convient de toujours douter des résultats et de varier les expériences. Un moyen de constater les différences d'effets produits par les charbons consistait à peser les barreaux de fer avant la cémentation, à rendre les circonstances de la cémentation le plus possible uniformes et à peser ensuite les barreaux pour constater l'augmentation de poids.

Cela a été fait ainsi :

Les chiffres suivants expriment la proportion de carbone absorbé par les barreaux dont les poids ont été pris ici pour unité.

§ 1er. *Fer tendre.*

		Augmentation de poids.
1.	Charbon de terre (coke)	1/496
2.	Cendres de bois,	1/350
3.	Charbon d'écorce de chêne,	1/173
4.	Noir de fumée non dégraissé,	1/170
5.	Chêne,	1 155
6.	Sapin,	1/152
7.	Peuplier,	1/150
8.	Hêtre,	1/144
9.	Os,	1/120
10.	Savates,	1/105
11.	Blé,	1/86
12.	Suie,	1/87
13.	Cément des ouvriers serruriers,	1/84

De ce tableau il résulte clairement que les meilleurs charbons pour la cémentation sont le cément des ouvriers en fer (la base en est la suie; on trouvera sa composition au chapitre V), la suie de cheminée de cuisine chauffée au bois, celui de blé, celui de savates, et que les plus mauvais sont en première ligne le coke, ensuite le noir de fumée non dégraissé, et après le charbon de chêne, de sapin et de peuplier (celui de hêtre paraît être préférable au charbon des autres bois essayés).

Il est vraiment remarquable combien il faut peu de charbon pour rendre le fer acier; ainsi 1 gramme

de carbone fourni par le coke à un barreau du poids de 500 grammes suffit pour lui donner la propriété bien extraordinaire de se tremper (durcir), quand, porté au rouge, il est jeté dans l'eau froide. Avec ce fer cémenté par le coke on a fabriqué des petits ciseaux d'ouvriers en bois qui ont été trouvés bons.

§ 2. *Fer dur comparé au fer tendre.*

On lit dans tous les livres que le fer dur est plus favorable à la fabrication de l'acier que le fer tendre : j'ai cru devoir vérifier cette assertion par une expérience directe. Pour essayer d'y parvenir, j'avais placé dans les boîtes précédentes des barreaux de fer dur et de fer tendre choisis tous les deux de qualité irréprochable.

Les cémentations se sont donc faites en même temps dans chaque case.

Les augmentations de poids ont été :

	Fer dur.	Fer tendre.
1. Charbon de terre,	1/410	1/496
2. Cendres de bois,	1/320	1/350
3. Charbon d'écorce de chêne,	1/161	1/173
4. Noir de fumée non dégraissé,	1/170	1/177
5. Charbon de chêne,	1/130	1/165
6. Sapin,	1/155	1/152
7. Charbon de peuplier,	1/157	1/150
8. — hêtre,	1/156	1/144

9.	Charbon de	savates,	1/106	1/105
10.	—	os,	1/115	1/120
11.	—	blé,	1/100	1 86
12.	—	suie,	1/90	1/86
13.	—	cément des ouvriers,	1/86	1/84

Observation. — Les différences sont petites, tantôt en plus, tantôt en moins ; on ne peut ainsi tirer aucune conclusion certaine sur le plus ou moins de facilité des fers tendres et durs à se cémenter. Il y a (voir chapitre VI) un degré maximum de cémentation ; il faudrait donc, pour faire une expérience pratiquement utile, atteindre ce maximum et comparer les poids des charbons absorbés et les durées de temps nécessaires pour saturer les deux espèces de fer.

Il est à propos de le faire observer, l'action de la trempe est si grande que les petites influences dues à la composition des fers disparaissent certainement devant elle, pourvu que les fers soient toujours choisis de première qualité.

En conséquence, les aciers cémentés au même degré et faits avec des fers de qualité irréprochable doivent être également bons.

CHAPITRE V.

Des propriétés physiques des divers charbons.

Frappé de l'inégalité de puissance de cémentation des divers charbons, je me suis demandé si les chimistes étaient fixés sur ce que l'on nomme charbon ; la réponse est qu'ils sont très-loin de l'être, du moins avec vérité.

Le temps me manque pour approfondir cette question ; je dois me borner à l'indiquer ici et à noter les différences principales que j'ai remarquées dans l'aspect des charbons dont je me suis servi ; tous ont été distillés en vase clos.

Chêne. — Se casse assez facilement quand on le presse perpendiculairement à la longueur des fibres ;

résiste beaucoup plus dans le sens des fibres, se pile très-fin, tache le papier; grain rond en apparence.

Chènevotte. — Très-léger, adhère au papier; grain allongé, brillant sur la face éclairée. (Tamisé, il a un aspect particulier qui le fait reconnaître.)

Gomme arabique. — Tache à peine le papier; couleur brune, grain arrondi.

Corne de cheval. — Se tamise fin, adhère au papier; couleur gris de fer, grain en lame brillante.

Après la cémentation, j'ai constaté les faits suivants :

Buis. — Avait un peu noirci.

Chêne. — *Idem.*

Chènevotte. — S'est pris en morceaux; facilement pulvérisable.

Gomme. — Aggloméré dans quelques parties en petits globules très-faciles à pulvériser.

Oignon. — Aggloméré dans quelques parties en globules très-faciles à pulvériser.

Corne de cheval. — S'est boursouflé et pris en masse en augmentant de volume.

Noir de fumée. — S'est pris en morceaux : facilement pulvérisable.

Suie de cheminée. — S'est prise en gros morceaux qui enveloppaient le cylindre de fer, très-dur, irisé; a beaucoup noirci et augmenté de volume.

Charbon de terre. — S'est réduit en coke très-dur, gris noirâtre, percé de trous; volume augmenté.

Observations. — Les charbons qui cémentent le plus promptement le fer, seraient-ils aussi les plus inflammables, et le service des poudres et salpêtres pourrait-il mettre à profit le résultat de mes expériences en ce qui concerne, du moins, le classement des charbons végétaux ? Ainsi, les poudres faites avec les charbons de terre, d'écorce de chêne, de noir de fumée non dégraissé, de chêne, de sapin, de peuplier, de hêtre, de buis, de chènevotte, de gomme arabique, d'oignon, seraient-elles, tout étant égal d'ailleurs, de plus en plus vives ?

D'après le tableau du chapitre IV, le charbon de chènevotte et de buis prime celui de hêtre, et ce dernier l'emporte également d'un rang sur celui du peuplier. Le sapin est en dessous; après, vient le chêne. Or, pour la fabrication des poudres, on a toujours donné la préférence au charbon de chènevotte (de bourdaine) et à celui de peuplier (bois blanc).

Je regrette de n'avoir pas eu la pensée d'essayer le charbon de bourdaine et celui de coton; il n'eût pas été sans intérêt de fixer leurs places dans le tableau du chapitre IV.

Si, en effet, il y avait de l'analogie entre la facilité de cémenter le fer et le degré d'inflammabilité des divers charbons et de leur richesse en carbone, les plus mauvais charbons pour la fabrication de la poudre seraient, en première ligne, le coke, le noir de fumée non calciné et, ensuite, le charbon de chêne.

Les meilleurs des charbons végétaux essayés par moi seraient, progressivement, ceux de hêtre et de buis, de chènevotte, de gomme arabique et surtout d'oignon.

Quant aux charbons mixtes de blé et de suie de cuisine, dont la puissance de cémentation est si marquée, je ne saurais dire quelle serait leur influence sur la poudre.

En résumé, les charbons provenant de végétaux et de matières animales, ont des aspects différents : les grains n'ont pas la même forme, la couleur varie, ils ne tachent pas le papier également, etc. Il serait nécessaire que l'examen en fût fait avec soin ; plusieurs branches du service de l'artillerie (les forges et les poudres et salpêtres) pourraient puiser des renseignements très-utiles dans cette étude si elle était approfondie. Il s'agirait, en premier lieu, pour les forges, de trouver un charbon qui, tout en étant bon pour la cémentation, ne se composât à très-peu près que de carbone ; et, en second lieu pour les poudres, que le charbon fût à la fois très-inflammable, non hygrométrique et de nature à ne pas encrasser les armes.

CHAPITRE VI.

Du résidu des charbons employés plusieurs fois à cémenter le fer.

Les fabricants d'acier paraissent avoir remarqué que les charbons perdent de leur force ; ils les renouvellent en tout ou en partie après une ou deux cémentations.

J'ai cherché à vérifier si, en effet, les céments tendent à s'épuiser, et cela m'a paru être exact ; mais il eût fallu répéter les essais un nombre de fois assez grand pour réellement amener les charbons à ne plus être qu'un résidu inerte ; ce restant eût été vraiment digne d'être examiné avec une grande attention. J'exprime le regret de n'avoir pu pousser à bout ces essais ; quelque soin que l'on donne à un

travail, il est difficile de tout prévoir et de tout finir.

Ce sujet d'études devrait être repris ; peut-être en pesant avec soin des barreaux de fer pur et les employant à extraire, au moyen de cémentations successives, le carbone contenu dans les charbons, parviendrait-on à reconnaître les différences de carbone en poids qui peuvent exister entre 100 grammes des diverses espèces de charbons végétaux et animaux.

En outre, l'analyse des résidus permettrait de classer les charbons, non-seulement au point de vue de leur richesse active en carbone, mais encore du degré de leur action sur les fontes de fer, attendu que, sous l'influence d'une haute température et de la présence du fer et du charbon, les matières qu'ils contiennent sont probablement réduites et entrent dans la composition des fontes.

Cet aperçu indique qu'il peut ne pas être indifférent de faire usage, pour les hauts fourneaux, de telle espèce de charbon ou de telle autre. En conséquence, les charbons les meilleurs pour la conversion des minerais en fonte, et celle des fontes en fer, seraient certainement ceux qui, éprouvés par des cémentations successives, contiendraient le plus de carbone et laisseraient pour résidu les matières les moins aptes à nuire à la qualité des fontes, fers et aciers.

Observation. — Je crois utile de rappeler ici un fait digne d'être remarqué au point de vue de l'étude des charbons.

En remplissant un creuset avec du charbon ordinaire de cuisine, pilé et tamisé, et le tenant pendant plusieurs heures à la température de la fusion du cuivre rouge, on trouve, si on lave dans une capsule de porcelaine le charbon refroidi, qu'il s'est produit de petits globules ayant un aspect vitreux, inattaquables à la lime; les uns un peu plus riches en fer se dissolvant dans l'acide azotique; les autres, plus pauvres, représentant des scories insolubles dans cet acide.

Le noir de fumée ne donne pas lieu à de ces petits globules, parce qu'il est entièrement dépourvu de fer.

J'extrais cette observation de mon Mémoire sur les cuivres, étains et bronzes, employés pour la fabrication des bouches à feu. (Corréard, Paris, 1850, pages 87 et 88.)

CHAPITRE VII.

Des céments employés par les ouvriers des arsenaux et par les armuriers civils pour tremper le fer en paquet et en aciérer la surface.

Afin de compléter ce qui est relatif aux charbons, je joins ici l'examen que j'ai fait de deux espèces de cément très-dignes, à mon avis, de fixer l'attention.

§ 1. *Du cément ordinaire des ouvriers en fer.*

Dans les ateliers de l'artillerie, les ouvriers ont pour habitude de cémenter la surface de certaines pièces de fer en les faisant chauffer au rouge dans un magma formé, longtemps à l'avance, de suie de cheminée de cuisine, de sel marin, d'ail et d'urine que l'on renouvelle.

Les résultats obtenus à l'aide de ce singulier mélange sont excellents.

J'ai voulu me rendre compte de l'utilité du sel marin, de l'ail et de l'urine; à cet effet, j'ai placé trois barreaux de fer, l'un dans du charbon auquel on avait ajouté 1/20ᵉ de sel; le second, dans une boîte pleine d'ail, sans autre addition, et le troisième dans une boîte remplie d'urine.

Les trois boîtes ont été chauffées séparément, et l'on a renouvelé l'urine à mesure de son évaporation.

Après quelques heures, on a retiré la boîte au charbon mêlé de sel et on a laissé refroidir; le barreau a été trouvé parfaitement décapé.

La deuxième boîte est restée quatorze heures au feu, le charbon d'ail entourait le barreau qui a été trouvé durci et manifestement cémenté.

L'ail paraît donc avoir une action analogue à celle de l'oignon et également efficace.

Après vingt-quatre heures d'évaporations successives, on a ouvert la troisième boîte et on a vu le barreau de fer et les parois de la boîte, entièrement recouverts d'une croûte formée par une espèce de charbon animal.

Ainsi, le sel de cuisine sert à décaper le fer, l'ail ajoute un excellent charbon, et l'urine fournit un peu de charbon animal.

N'est-il pas extraordinaire que les ouvriers soient arrivés, je ne sais par quelle voie, à combiner un cément aussi bizarre et d'aussi bonne qualité ?

Néanmoins, à cause de l'infection causée par l'urine, on devrait se contenter de suie, d'ail et de sel ; la vertu du cément ne serait pas amoindrie.

§ 2. *Du cément d'os de mouton employé par les armuriers.*

Les armuriers civils ont l'habitude de tremper en paquet toutes les pièces de la platine et de la garniture du fusil, tels que sous-garde, pontet, etc. ; ils mettent dans une boîte de tôle, des os de mouton particulièrement, et toutes les pièces de fer ; la boîte close est ensuite placée dans un foyer et chauffée au rouge pendant quelques heures.

Les os se carbonisent. Le temps jugé nécessaire à l'opération étant expiré, l'ouvrier retire la boîte du feu et la jette rouge dans un seau d'eau.

Les pièces de fer sont alors si dures à la surface que la lime ne peut y mordre, et, de plus, elles sont chargées de couleurs variées qui rappellent les couleurs dites de recuit, tout en ayant un aspect très-différent et beaucoup plus agréable.

Il y a donc deux effets produits, l'un est la cémentation des pièces de fer ou l'aciération, l'autre la mise en couleur de ces mêmes pièces. Le premier rentre dans les expériences, objet des chapitres précédents, le second est nouveau.

Je me suis appliqué à rechercher les causes de la coloration spéciale du fer par le charbon d'os. D'abord, il a fallu s'assurer que le même phénomène ne pouvait résulter de l'emploi des charbons de bois; plusieurs tentatives ont prouvé la facilité d'obtenir les couleurs de recuit plus ou moins belles, et l'impossibilité de produire, au moyen des charbons végétaux, celles des trempes en paquet des armuriers.

J'ai essayé le noir de fumée non dégraissé, contenant ainsi une grande quantité de matière grasse; mais quelque soin que j'aie apporté dans ces expériences, elles ont été sans succès. Une seule fois, le noir de fumée a donné lieu à d'admirables couleurs bleues, irisées, analogues à celles ordinaires de recuit, seulement le bleu était très-vif et vraiment beau.

Dans un autre essai, la surface du fer fut oxydée, et sous la couche d'oxyde qui était épaisse d'un dixième de millimètre environ, se trouvèrent de belles couleurs bleues et autres. Ce résultat est digne d'intérêt au point de vue de l'action chimique des gaz.

Les couleurs dites de recuit sont très-curieuses; elles se forment successivement à la surface polie du fer exposé à une température convenable pour leur production; sans doute, on peut les considérer comme résultant d'une oxydation, car elles se modifient à mesure que la couche oxydée augmente d'épaisseur sous l'influence d'une élévation progressive de tem-

pérature, et elles disparaissent quand cette épaisseur dépasse une certaine limite.

D'après le Manuel de métallurgie de Karster, traduction de M. Kulmann, édition de 1814.

Les degrés du thermomètre centigrade, auxquels on admet que les couleurs du recuit correspondent, sont :

Jaune clair,	221°
Jaune paille,	229
Jaune foncé,	243
Brun,	254
Brun pourpre,	265
Pourpre,	276
Bleu obscur,	287
Bleu foncé,	293
Bleu clair,	315

Les couleurs jaunes conviennent aux instruments de coutellerie en acier le plus fin ; les bruns et le pourpre aux aciers de coutellerie ordinaire, outils d'ouvriers en bois; le bleu, aux lames de sabres, épées, ressorts, et le bleu foncé aux pièces d'armes à feu.

En définitive, les couleurs que les armuriers donnent aux pièces de la garniture des fusils ont une grande analogie avec celles de recuit ; mais, à coup sûr, elles ne sont pas une simple combinaison de fer et d'oxygène. Il est à présumer qu'il se forme des composés azotés, des cyanures par exemple ; c'est là une conjecture voisine, je crois, de la vérité.

En terminant cet article, je rappellerai que lorsque de petits tarauds ou forets ne sont pas assez durs, les ouvriers horlogers les enduisent de prussiate de potasse, les font rougir à la flamme d'une lampe et les trempent dans l'eau ou l'huile. Ces outils durcissent. Cette manière de faire une cémentation mérite de ne pas être oubliée.

CHAPITRE VIII.

Essai de transformation du fer en fonte par une cémentation prolongée faite à une température inférieure à celle du blanc.

Quand on étudie les ouvrages de chimie et de métallurgie, on acquiert la certitude de la transformation du fer en fonte en le combinant avec une quantité suffisante de carbone, et l'on tend à penser qu'il se forme une série continue de combinaisons ou alliages, dont plusieurs pris pour type ont reçu les noms particuliers de fonte grise truitée, etc.

Après avoir lu les articles relatifs à l'acier de cémentation, on est également disposé à penser que le carbone s'allie au fer en toutes proportions, et qu'en poussant la cémentation pendant assez de temps, on transformerait l'acier en fonte ; j'ai voulu

vérifier si, en effet, on pourrait y parvenir, sans cependant élever la température notablement au delà de celle nécessaire à une cémentation régulière. Un morceau de fer, de qualité irréprochable, a été forgé plat et amené aux dimensions suivantes : longueur, 8 centimètres; largeur, 2 centimètres; épaisseur, 5 millimètres. Je l'ai mis dans une de mes boîtes avec du charbon de bois de chêne et le tout a été chauffé au rouge pendant vingt-quatre heures; j'ai noté l'augmentation de poids; l'expérience a continué; après vingt-quatre heures, on a pesé de nouveau et l'on a recommencé à chauffer; après plusieurs pesées, on a discontinué; le problème était résolu.

A la troisième chauffe, la cémentation parvenue à son maximun a cessé et le poids du morceau de fer n'a plus augmenté; à la chauffe suivante, il y a eu une légère diminution de poids; à la suivante, encore une autre, et les diminutions provenaient non de l'altération de l'acier formé, mais de parcelles de métal qui se détachaient des bords du morceau de fer.

Je ne puis admettre que, dans cette expérience, le charbon se soit épuisé de carbone au point de rendre le renouvellement de ce charbon nécessaire pendant le cours de l'essai.

Ainsi, contrairement aux prévisions théoriques, le fer, au lieu de se transformer en fonte sous l'influence d'une cémentation prolongée, se sature de carbone et reste acier.

Le morceau de fer cémenté, dont il est ici question, a servi à faire des canifs et plusieurs lancettes de chirurgie ; un autre morceau, préparé de la même manière, a été forgé en rasoirs. La qualité de ces instruments n'a rien laissé à désirer.

On verra aux chapitres XII et XIII le parti que l'on peut tirer, au point de vue de la fabrication et de l'emploi de l'acier, du résultat important et inattendu, pour moi, que je viens de signaler.

CHAPITRE IX.

De la stabilité de l'acier de cémentation.

D'après divers auteurs, l'acier de cémentation a ou doit avoir moins de stabilité que l'acier dit naturel.

Pour vérifier s'il en est ainsi ou tout au moins m'assurer si l'acier de cémentation parait manquer de toute la stabilité désirable, j'ai fait cémenter trois barreaux pesant 500 grammes chaque, l'un à un tiers de saturation, l'autre à deux tiers et le troisième à saturation complète. Je les ai fait mettre à la forge, porter au rouge vif pendant une heure, et ensuite marteler, chauffer, tremper à l'eau, chauffer à nouveau et travailler jusqu'à ce qu'ils fussent réduits à

peser 50 grammes environ. Pendant ces expériences dont je ne rapporte pas les détails et les soins minutieux dont elles ont été entourées, ces trois aciers ont paru très-stables.

Les derniers petits échantillons, du poids d'environ 50 grammes, avaient toute l'apparence et les qualités des aciers fondus, réputés les meilleurs.

Ma conviction est donc que la stabilité des aciers de cémentation est parfaite et qu'elle n'est point inférieure à celle des aciers naturels.

CHAPITRE X.

De l'influence des espèces de fer sur les qualités de l'acier.

Il est difficile à nos manufactures d'armes de se procurer de bons aciers; les arsenaux trouvent également avec peine des outils dont la qualité soit satisfaisante, tandis que d'après les expériences précédentes, pour lesquelles j'ai employé du fer de très-bonne qualité et des charbons de toute nature, je n'ai jamais eu de mauvais acier; la plupart des échantillons n'étaient pas assez cémentés, et, à ce titre, ils ne pouvaient donner lieu à des aciers fins; mais, du moins, ils n'avaient aucun autre défaut.

Par suite de ces observations, j'ai dû rechercher à quoi pouvait tenir la mauvaise qualité de beaucoup

d'aciers du commerce, les uns pailleux, les autres cassant sous le marteau; pour y parvenir, j'ai fait les essais suivants :

1° Du fer cassant à froid a été cémenté dans les divers charbons indiqués plus haut; il m'est arrivé même de pousser l'opération jusqu'à saturer le fer de carbone.

Or, ce fer a conservé sa propriété de casser à froid.

2° Du fer dit rouverain (cassant à chaud) a été également cémenté jusqu'à refus, et sa propriété de casser à chaud est restée la même, à mon grand étonnement et contrairement aux prévisions théoriques.

En conséquence, les mauvaises qualités du fer se continuent dans l'acier de cémentation et ensuite dans les aciers fondus.

De là résulte l'utilité de n'employer dans la fabrication des aciers que des fers excellents, purs, sans aucun défaut, si c'est possible; ce choix de bons fers est donc la première condition à remplir, condition *sine quâ non* d'une production saine.

CHAPITRE XI.

Comparaison entre les aciers naturels et ceux de cémentation : choix à faire.

Je suis conduit, malgré moi, à étendre ce mémoire; mais une question est liée à une autre, et, pour détruire une erreur répandue, il ne faut rien négliger.

En général, on donne la préférence à l'acier naturel pour la fabrication des outils d'ouvriers en bois et en fer. On a tort d'agir ainsi, voici pourquoi : au chapitre X, j'ai déjà fait ressortir un point important de la fabrication de l'acier, c'est la persistance du fer, s'il est cassant à froid, ou rouverain (cassant à chaud), à conserver ces mêmes propriétés malgré la cémentation. Or, les fers tiennent leurs qualités des fôntes d'où ils proviennent, et il est à

remarquer que la fabrication de l'acier naturel a la plus grande analogie avec celle du fer; donc, si les fontes destinées à faire de l'acier naturel avaient une composition telle que si elles étaient transformées en fer, celui-ci deviendrait cassant à froid ou à chaud ou difficile à souder, elles donneraient à coup sûr ces mêmes propriétés à l'acier.

La fabrication de l'acier naturel constitue une industrie ordinairement séparée des hauts fourneaux : ainsi le fabricant d'acier achète les fontes qui lui sont nécessaires et n'a aucun moyen facile et peu coûteux de s'assurer de leur bonté préalable. Les praticiens consultent la cassure, l'aspect; mais, en réalité, leur seule ressource est de prendre les fontes là où elles passent pour convenir à la fabrication de l'acier et donner de bons produits. Rarement, pour s'assurer des qualités des fontes blanches ou grises, on se décide à charger un creuset; car s'il arrive que la matière se comporte mal et qu'elle s'agglutine au fond des creusets et y adhère, il y a perte d'argent par suite de l'opération manquée; de plus, le creuset est compromis.

L'inconvénient très-grave de ne pas être sûr de la composition des matières premières et de ne pouvoir dire d'avance que l'acier naturel ne sera ni cassant à froid, ni rouverain, ni non soudant, etc., est donc inhérent à cette espèce d'acier.

D'autre part, quand les loupes d'acier naturel sont obtenues, on les forge, trempe rouge dans l'eau,

et casse en morceaux de faible longueur, afin d'être à même de juger, à l'œil, de leurs qualités et de les classer d'après le grain, les veines de fer, etc. En conséquence, on ne connaît pas, à dire vrai, le degré d'aciération des diverses séries.

Il est facile, d'après cela, de comprendre combien les aciers naturels doivent être différents les uns des autres : un industriel produit du bon acier aujourd'hui, et demain il en fait du mauvais, même à son insu. En outre, les fabricants fondent les aciers naturels, et l'on sait que la composition des aciers ne peut être connue; il résulte de là une très-grande variété d'aciers fondus.

La fabrication de l'acier de cémentation peut n'avoir aucun de ces inconvénients; en effet, il est facile de reconnaître si le fer à employer est de très-bonne qualité; de plus, on peut donner au fer le degré de cémentation qu'on désire, depuis 0 jusqu'à saturation complète, et l'on y parvient dans des limites suffisamment rapprochées pour la pratique. (Voir le chap. XII.)

Je conclus de ce qui précède à l'utilité de préférer les aciers de cémentation à ceux dits naturels; sauf, surtout, si les barreaux ne sont pas cémentés à saturation, à répartir uniformément le carbone dans leur masse en les fondant.

CHAPITRE XII.

Des moyens de donner au fer un degré de cémentation voulu et de rendre homogènes les aciers de divers degrés de cémentation.

Il est très-facile, ai-je dit, de donner à des fers de grosseur déterminée une cémentation fixe, comprise entre 0 et la saturation complète. Pour le faire, il y a trois conditions à remplir : l'une est de savoir régler le feu et de le maintenir à bonne chaleur (rouge prononcé) pendant la durée de temps nécessaire; c'est là une habitude à prendre et un coup de main qu'il faut ici supposer hors de contestation ; l'autre est d'employer toujours du fer de première qualité; la troisième de se servir du cément reconnu le meilleur. Il est inutile de recommander d'opérer le lendemain comme la veille, c'est-à-dire avec uniformité.

Supposons les caisses chargées et le feu mis; après un certain temps on arrêtera le feu et on laissera refroidir; on pèsera plusieurs des barreaux numérotés d'avance, à l'effet de constater l'augmentation de poids après un nombre d'heures convenu de chaleur rouge prononcé; on recommencera à chauffer, on arrêtera ensuite de nouveau, et, après une nouvelle pesée, on redonnera le feu... ainsi de suite jusqu'à ce que les poids aient cessé d'augmenter.

On apprendra de cette manière à connaître le nombre d'heures de chaleur rouge nécessaire pour saturer les barreaux dont la longueur et l'épaisseur seront connues d'avance.

Quand on voudra des barreaux de même forme moins cémentés, on les portera à la chaleur rouge et on les laissera à cette température, tout étant égal d'ailleurs, pendant 3/6, 4/6 et 5/6 du nombre d'heures trouvé nécessaire pour la saturation, et on les pèsera. On aura ainsi les séries de barreaux cémentés aux 3/6, 4/6 et 5/6 de saturation.

Pour rendre homogènes les séries d'aciers, les fabricants ont deux moyens : le premier consiste à corroyer l'acier, et le second à le fondre dans des creusets; tous les deux sont bons, mais je donne la préférence au second par les motifs suivants : Le corroyage exige des ouvriers habiles et très-attentifs, et, malgré leurs soins, l'acier corroyé une fois et même deux fois contient des veines, dites ferreuses,

qui ne peuvent se souder et qui nuisent aux outils fabriqués avec ces aciers. Enfin, un seul corroyage ne suffit pas pour rendre les barres homogènes; il en faut deux et quelquefois trois, et alors ces aciers deviennent aussi coûteux que ceux fondus.

La fusion de l'acier dépend peu, au contraire, de l'habileté de l'ouvrier; elle s'opère facilement dans des creusets, et l'homogénéité donnée à l'acier, après une seule fusion, paraît être aussi complète que possible.

En conséquence, entre les deux procédés ci-dessus rappelés de rendre l'acier homogène, il y a lieu de préférer la fusion.

CHAPITRE XIII.

Comparaison entre les divers aciers contenant une quantité de carbone moindre que celle de saturation, et l'acier saturé.

Il est d'usage d'employer à la fabrication des outils ordinaires des aciers naturels ou de cémentation communs, c'est-à-dire contenant une quantité de carbone moindre que celle nécessaire pour saturer le fer. On cherche ensuite à donner à ces outils, par une trempe bien dirigée, le plus de qualités possibles.

Des fabricants font de l'acier fondu avec ces mêmes aciers communs, et les outils en provenant, quoique d'un prix très-élevé, sont peu supérieurs à ceux de la première catégorie.

Quant à l'acier fin, soit de cémentation, soit

fondu, on le destine aux articles de chirurgie, rasoirs, etc., c'est-à-dire aux instruments dont le fil doit avoir un grain très-serré et dur. On s'applique à le tremper avec ménagement et à donner aux instruments, après la trempe, un recuit approprié à leur destination.

Il y a donc deux faits à noter : l'un est la grande diversité d'aciers répandus dans le commerce, l'autre dans les divers moyens pratiqués pour tremper l'acier et le recuire.

Il résulte de là des différences considérables, non-seulement entre les produits de plusieurs usines, mais encore entre ceux d'un même établissement.

Je me suis demandé s'il ne serait pas facile et utile pour les divers services de l'artillerie de ne fabriquer qu'une seule espèce d'acier, à peu près constante dans sa composition, dont on modifierait les qualités par la trempe, et, d'autre part, s'il ne conviendrait pas d'employer, à l'exclusion de tous les autres aciers, le fer cémenté à saturation?

Après divers essais faits avec soin, j'émets l'avis qu'il serait utile d'employer un seul acier, celui saturé de carbone, dont il a été question au chapitre VIII, sauf à affecter à sa fabrication les fers préalablement reconnus de très-bonne qualité et à tremper les pièces fines avec précaution et dans le liquide reconnu bon pour donner à l'espèce d'objets fabriqués le degré de dureté désiré (voir chap. XIV).

Sans doute, mes expériences ne suffisent pas pour qu'il y ait lieu de changer subitement les moyens actuels de se fournir d'acier de ressorts, de baguettes, baïonnettes, cuirasses et casques; mais, fort de mes études, je demande avec instance que des essais soient faits sur l'emploi de l'acier unique saturé et fondu, appliqué à tous les outils, instruments et objets du service de l'artillerie, et sur la trempe à l'eau conformément aux indications résultant du chapitre ci-après.

La suite au prochain numéro.

COUP D'ŒIL SUR LES ÉTUDES
DU PASSÉ ET DE L'AVENIR
DE L'ARTILLERIE
DE
LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE,
PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

PAR

MARTIN DE BRETTES,
Capitaine-Commandant au 3e rég. d'artillerie.

I.

> Aujourd'hui, l'homme studieux qui veut s'instruire ressemble à un voyageur qui pénètre dans un pays dont il n'a pas la carte et qui est obligé de demander son chemin à tous ceux qu'il rencontre sur sa route.
>
> L.-N. BONAPARTE (*Études sur l'Art.*, p. XII.)

Sous ce titre : *Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie,* le prince Louis-Napoléon Bonaparte a commencé, depuis plusieurs années, la publication d'un vaste et magnifique ouvrage sur l'artillerie. Il constituera, pour l'artilleur, une véritable encyclopédie, souvent et inutilement désirée dans les recherches nécessaires à l'étude des questions soumises fréquemment aux officiers de l'arme. En effet, quand une question est soumise à un officier d'artillerie qui veut la résoudre sérieusement et éviter de tomber sur quelque solution surannée et condamnée par l'expérience, la première chose à faire est de jeter un coup d'œil rétrospectif sur le passé, pour

connaître les solutions successivement admises comme progrès. Ce travail n'est qu'une partie de la tâche à accomplir; il reste la plus importante à faire, celle de trouver une solution réalisant un progrès réel et qui soit, par conséquent, une des transformations successives, dont la série constitue dans le temps le développement normal de l'objet en question. La connaissance des progrès antérieurement accomplis est indispensable pour atteindre ce but. Leur ensemble en effet, ordonné dans le temps, peut servir à faire connaître les causes particulières des modifications successives et la cause générale ou la loi qui les domine, s'il en existe une. Celle-ci trouvée, la conséquence logique des solutions antérieures conduira naturellement à une solution nouvelle. Les solutions connues et ordonnées joueront dans ces recherches un rôle analogue aux points isolés employés en géométrie pour déterminer la forme d'une courbe, établir la loi de sa génération et fixer un point ultérieur de son prolongement; plus ils sont rapprochés, plus la ligne qu'ils déterminent, plus la loi de la génération de la courbe s'approche de la véritable, plus il est facile de tracer son prolongement avec exactitude. De même, plus les solutions successives, relatives à une question, sont multipliées et voisines, plus il est facile de saisir leurs rapports et le principe général des modifications, au moyen duquel on peut circonscrire dans des limites très-resserrées, sinon préciser exactement, une solution nouvelle en progrès sur les précédentes.

Cette méthode de recherche scientifique et rationnelle n'est pas bornée aux questions relatives à l'artillerie ou aux objets matériels; elle pourrait s'appliquer avec succès à tout ce qui ne reste pas stationnaire, à tout ce qui se modifie d'une manière quelconque, progresse ou dépérit, et par conséquent à l'individu et à la société, quelque irrégulière qu'en paraissent les modifications. On arriverait peut-être ainsi à fixer la marche de la politique, qui, dans son acception la plus générale, est la loi du développement social, et à déterminer sa direction future. « La civilisation, en effet, comme dit le Prince-Président, ne procède pas par bonds, elle suit une marche plus ou moins prompte, mais toujours régulière et graduée. Il ya filiation dans les idées, comme dans les hommes, et les progrès humains ont une généalogie dont on peut suivre les traces à travers les siècles, comme on remonte vers la source oubliée des grands fleuves. »

Mais revenons à l'artillerie. Nous avons indiqué d'une manière générale la marche rationnelle pour étudier sérieusement les questions relatives à cette arme et arriver, pour chacune d'elles, à une solution logique, en progrès positif sur les précédentes. Mais si un officier se hasardait à suivre cette voie, il serait bientôt arrêté par de nombreux obstacles, tels que : l'absence ou l'insuffisance des documents nécessaires, la difficulté sinon l'impossibilité de connaître les sources où il pourrait puiser, enfin par les recherches

longues, pénibles et fastidieuses, nécessaires pour découvrir quelques rares données perdues dans d'innombrables volumes.

Les *Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie* combleront cette lacune regrettable et réaliseront une grande et féconde idée de l'empereur Napoléon, malheureusement restée à l'état de projet.

L'idée grandiose de ce grand homme, qui pensait à tout, était, d'après le prince Louis-Napoléon Bonaparte, « que les savants créassent des catalogues raisonnés par ordre de matières où tous les auteurs qui ont écrit sur une branche quelconque du savoir humain fussent classés par siècles et jugés d'après le mérite de leurs œuvres; » alors, ceux qui voudraient étudier une branche quelconque des connaissances humaines trouveraient facilement les sources où ils pourraient puiser des documents authentiques, au lieu d'errer au hasard et de perdre un temps précieux à chercher les renseignements nécessaires à leurs travaux.

La réalisation de cette idée, en rendant les recherches faciles et promptes, produirait encore l'avantage précieux de faire régner la vérité dans les travaux historiques, scientifiques, artistiques, technologiques et militaires, où quelquefois l'imagination substitue ses créations à la réalité pour éviter des recherches trop fastidieuses, trop pénibles, ou considérées comme inutiles.

On verrait alors les livres inutiles devenir plus

rares, les livres utiles se multiplier par les facilités offertes aux auteurs pour les écrire, tout le monde y gagnerait !

Le Prince-Président, désireux de signaler l'époque de son gouvernement par la réalisation de grands et utiles projets, réalisera probablement cette grande et féconde idée de Napoléon, s'il se souvient combien sa non-exécution a causé de regrets à l'auteur *des Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie.*

L'auteur *des Études sur l'Artillerie* ne borne pas ses travaux à construire une vaste encyclopédie pour l'artillerie. Cette œuvre remarquable a encore pour objet de déterminer la marche générale des progrès de cette arme, leur loi et leur tendance à l'avenir. « C'est cette généalogie, dit le prince, que je me suis appliqué à suivre et à décrire; et la marche du progrès, une fois bien constatée, j'ai cru sans trop de présomption pouvoir, en suivant son développement logique, indiquer quelle doit être sa direction future.

Un rapide coup d'œil jeté sur le plan d'après lequel les *Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie* sont ordonnées et doivent être réalisées, suffira pour se convaincre de la grandeur qui a présidé à sa conception.

L'ouvrage entier doit se composer de cinq gros tomes in-quarto, enrichis de planches admirablement dessinées et gravées, représentant l'artillerie dans ses nombreux détails et leurs transformations

successives depuis le XIVe siècle jusqu'à nos jours.

Chaque tome est composé de plusieurs livres, dont chacun est divisé en parties et chapitres spéciaux.

Le Ier tome est consacré à l'étude de l'influence des armes à feu sur le champ de bataille. Dans les deux livres qui le composent, l'auteur déroule la série des transformations subies par l'organisation des armées, leur armement, leur ordonnance, l'emploi des différentes armes, leurs effets, leur influence sur l'art militaire, etc.

Le IIe tome, consacré à l'influence des armes à feu dans la guerre de siége, comprend, dans les deux livres : l'historique de la fortification, des procédés d'attaque et de défense, l'étude de l'influence mutuelle de l'artillerie et de la fortification, etc.

Le IIIe tome comprendra la description technique des progrès et des modifications de l'artillerie depuis l'invention de la poudre jusqu'à nos jours.

Le Ier livre, où il s'agit de cet agent, traitera de l'origine de la poudre, de sa fabrication, des diverses méthodes employées pour mesurer sa force, des différentes théories d'inflammation, etc.

Le IIe livre est relatif aux bouches à feu ; elles y seront considérées sous le rapport de leur classement, par espèces, par la nature de la matière première, par époques, etc.

Le IIIe livre est consacré à la description et à l'emploi des projectiles pleins, creux, de la mitraille, des perdreaux, dragées, boîtes à balles, projectiles incendiaires, fusées, etc.

Le IVᵉ tome, qui traite des affûts et voitures, comprendra six livres :

Le Iᵉʳ livre aura pour objet les affûts, les chariots-porte-corps et engins divers, les voitures de munitions, etc.; le livre II s'occupera des rechanges; le livre III des chargements des pièces, de la vitesse du tir, etc.; le livre IV des attelages; le livre V de l'organisation du personnel; enfin, le livre VI, des armes à feu portatives, considérées sous le rapport de leur longueur, du poids, du calibre et de la manière d'y mettre le feu.

Enfin, le tome V doit contenir les considérations de l'auteur sur l'artillerie, et les améliorations futures qui sont une conséquence logique du progrès fait par l'artillerie depuis 500 ans. Ce tome aura deux livres, dont le Iᵉʳ résumera les progrès survenus pendant cinq siècles dans l'armement des troupes, l'artillerie, etc.; et le IIᵉ contiendra les propositions de l'auteur sur l'armement des troupes, l'artillerie de campagne et de siége, les fusées de guerre, etc.

Ce plan, dont nous reproduisons seulement les principales dispositions, et dont les détails innombrables sont groupés et ordonnés de manière à concourir à l'harmonie de l'ensemble sans compliquer l'ordonnance, atteste de longues études, une connaissance approfondie de l'art militaire et principalement de l'artillerie.

Le prince, en effet, avait été élève de M. le général Dufour, aussi distingué comme homme de

guerre que comme écrivain militaire, et avait en outre suivi les cours de l'Ecole d'artillerie de Thun avec tant de succès, que le Conseil fédéral l'avait nommé, en 1836, capitaine d'artillerie de la Confédération helvétique.

De plus, un aide-mémoire à l'usage des officiers d'artillerie, publié en 1836, avant celui de l'artillerie française, qui avait été alors l'objet des éloges et des encouragements de la presse militaire française et étrangère, attestait des connaissances spéciales étendues; enfin, diverses publications sur des questions militaires importantes, entre autres sur l'organisation militaire propre à la Suisse et à la France, sont des faits qui ont constaté l'étendue des connaissances militaires du prince Louis-Napoléon, bien longtemps avant qu'il fût appelé à gouverner la France.

Si la conception du plan des *Etudes sur le passé et l'avenir de l'Artillerie* demandait des connaissances étendues et spéciales, celles-ci étaient encore bien plus nécessaires pour le mettre à exécution. Il fallait, encore, être doué d'une patience de bénédictin pour compulser les manuscrits, les chroniques, et une foule d'ouvrages reposant en paix depuis des siècles sous un respectable linceul de poussière, afin de dérober à l'oubli de précieux documents, qu'il fallait ensuite apprécier et classer selon leur importance. Il fallait avoir une foi bien vive dans son étoile pour vivre ainsi avec les morts, afin de les interroger sur leurs actes ou leurs connaissances spéciales, pour en obtenir des documents authen-

tiques en assez grand nombre pour reconstruire le passé et en conclure l'avenir.

Cette œuvre, dont l'exécution en France aurait réclamé le concours du gouvernement et les lumières de différentes spécialités, a été entreprise par un seul homme : par le prince Louis-Napoléon Bonaparte.

Nul n'était placé dans des circonstances plus favorables pour réaliser ce projet; car le prince réunissait le goût du travail, les connaissances nécessaires, la fortune, et un rang qui, partout, lui faisait ouvrir les bibliothèques et les archives militaires; n'appartenant pendant son long exil à aucun pays, à aucune armée à aucune arme en particulier, il était ainsi débarrassé des préjugés de nationalité, et étranger aux rivalités des différentes armes; il était donc dans la position la plus favorable pour comparer et juger philosophiquement les progrès accomplis dans l'art militaire chez les différents peuples.

Cette position indépendante permettait aussi à l'auteur des *Études sur l'Artillerie* de formuler des jugements, des appréciations d'après l'observation et la comparaison des faits, sans craindre de froisser la routine et les préjugés : considération qui aurait pu arrêter un officier soumis aux influences hiérarchiques. Car, disait le maréchal de Puységur: « Quand on est dans les emplois inférieurs et qu'on veut mettre au jour des connaissances qu'on a acquises avec bien du travail, on trouve parmi ses supérieurs nombre de gens qui s'en offensent. La modestie alors,

et les égards qu'on doit aux personnes de mérite, d'ailleurs élevées en dignité, imposent silence ; ceux qui voudraient le rompre ne s'en trouvent pas bien, c'est ce que plusieurs ont éprouvé et qui dégoûte les autres de communiquer des lumières qui pourraient être utiles. Il en résulte que les anciens usages subsistent toujours. »

Ceux qui écrivent l'histoire d'une branche des connaissances humaines, négligent fréquemment, surtout de nos jours, non-seulement les preuves justificatives, mais souvent même la citation des sources où ils ont puisé les documents formant le canevas sur lequel ils ont brodé leur ouvrage. Ce laisser-aller se présente même dans les livres les plus sérieux, tels que ceux qui s'occupent de l'artillerie. Il résulte que ces ouvrages, souvent remarquables, suffisent pour donner au lecteur des connaissances générales et un peu vagues, mais ne peuvent satisfaire celui qui cherche dans un livre des faits positifs et précis : car, un auteur, quand il parle du passé sans preuves suffisantes, n'inspire pas assez de confiance pour être cru sur parole. On est généralement assez disposé à classer de pareils ouvrages au nombre des romans.

Comme ce n'était pas un roman que le prince Louis-Napoléon voulait écrire, mais une histoire réelle, véridique et consciencieuse de l'artillerie, il a procédé tout autrement. Il a non-seulement cité les sources où il a puisé les renseignements mis en œuvre, appuyé tout ce qu'il avance par de nom-

breuses citations pour fournir au lecteur le moyen de vérifier ses assertions, mais encore, pour les choses importantes, il a reproduit le texte même malgré sa longueur, cherchant ainsi, dans l'intérêt de la vérité, à provoquer des interprétations plus probables, plus conformes aux faits, que celles qu'il a adoptées.

Ce n'est pas l'auteur des *Études sur l'Artillerie* qui émet des jugements, à plus forte raison, n'impose-t-il pas au lecteur ses propres opinions; il procède tout autrement. Il évoque les illustres morts du passé, autant que possible ceux qui ont tenu l'épée et la plume, les fait comparaître pour raconter ce qu'ils ont fait, ce qu'ils savent de leur temps au lecteur, qui, se trouvant ainsi transporté dans les époques passées, reconstruites avec leur couleur locale, voit, compare et juge lui-même.

L'ouvrage du prince Louis-Napoléon Bonaparte, entrepris depuis plusieurs années, est malheureusement fort loin d'être terminé. Deux livres seulement ont paru : le premier, publié en 1846, a pour objet l'influence des armes à feu dans la guerre de campagne, depuis leur invention, en 1328, jusqu'au règne de Louis XIV, 1646 ; le second, imprimé en 1851, s'occupe de leur influence dans la guerre des siéges pendant la même période: l'un fait partie du tome Ier, l'autre du tome IIe. Les premières assises du monument projeté en faveur de l'artillerie, par le capitaine Louis-Napoléon Bonaparte, sont, comme on voit, à peine posées; beaucoup de circonstances

impérieuses ont pu ralentir et arrêter la continuation de ce travail important ; mais aujourd'hui, on peut espérer que le Prince-Président de la République trouvera, au milieu de ses hautes occupations, quelques instants pour donner un souvenir aux *Etudes sur le passé et l'avenir de l'Artillerie*, et hâter l'achèvement d'une œuvre à laquelle son nom est attaché.

Le premier livre, relatif à l'influence de l'arme à feu dans les batailles, est, par la variété et la corrélation des sujets dont il s'occupe, d'un puissant intérêt, pour les officiers de toutes les armes. L'officier d'artillerie peut y trouver l'origine de son arme et en suivre le développement rapide, malgré une enfance pénible et laborieuse, puisque le canon, après deux siècles d'existence, domine les ordres de bataille. L'officier de toute arme qui veut s'instruire y verra comment un perfectionnement ou un changement d'armes peut modifier la puissance de l'infanterie et de la cavalerie, en faisant passer de l'une à l'autre la supériorité dans les batailles. On pourra y étudier les effets variables des armes sur l'ordonnance des troupes et réciproquement, l'influence des ordres de bataille, de la disposition des diverses armes et des réserves. En un mot, l'officier de toute arme y trouvera de précieux enseignements dont il pourra tirer une grande utilité, pour se former une opinion rationnelle dans une foule de circonstances.

Le deuxième livre, publié en 1851, par la spécialité des matières dont il traite, savoir : de l'état,

au XIVe siècle, de la fortification, de l'art de l'attaque et de la défense des places, des modifications successives subies par les différentes parties de la guerre de siége jusqu'en 1646, de leurs causes, etc., s'adresse plus particulièrement aux officiers de l'artillerie et du génie, et présente un intérêt moins direct aux officiers des autres armes. Il est ainsi d'une utilité moins générale.

Par conséquent, dans l'exposition que nous allons essayer de faire des deux livres qui ont vu le jour nous nous étendrons davantage sur celui qui a pour objet l'étude de l'influence des armes à feu dans la guerre de campagne. Quoique incomplète, l'esquisse que nous ferons du deuxième livre suffira cependant, nous l'espérons, pour en faire ressortir l'importance et appeler sur cet ouvrage l'attention des hommes spéciaux et des militaires qui s'occupent par goût de cette branche importante de l'art de la guerre.

L'homme de guerre n'est pas le seul qui pourra recueillir des fruits précieux de la lecture sérieuse des *Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie* : l'historien, le savant, l'artiste, y trouveront d'utiles renseignements, l'éclaircissement de faits obscurs, la rectification de plusieurs erreurs accréditées, et enfin, on pourra y voir que le canon a concouru puissamment à former l'unité française après avoir contribué à chasser les Anglais du territoire français.

Donner de ce savant ouvrage, fruit de longues et laborieuses recherches dans tous les pays de l'Europe, une analyse suffisante pour que le lecteur

puisse se former une idée satisfaisante des nombreux sujets qui y sont abordés, sans perdre de vue l'ensemble ; en un mot, faire une esquisse complète du vaste tableau *des Études sur l'Artillerie*, qui en reproduise fidèlement les principales dispositions, les traits saillants, afin de pouvoir conduire à la connaissance de l'ouvrage, est une œuvre difficile à réaliser.

Nous nous bornerons donc à reproduire, dans une série d'esquisses, tracées le plus fidèlement possible, d'après le tableau des *Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie*, l'état des principales branches de l'art de la guerre à chaque époque. Au moyen de cette galerie le lecteur pourra, nous l'espérons, arriver facilement à apprécier l'importance militaire de l'œuvre du prince Louis-Napoléon Bonaparte.

Mais cette suite d'esquisses sèches et arides, malgré les précieuses citations extraites des *Études sur l'Artillerie*, ne pourra que donner une idée imparfaite des tableaux grandement conçus et vivement colorés qui représentent l'influence des armes à feu dans la guerre de campagne et dans celle de siége.

C'est donc à l'ouvrage même de M. le Président de la République que l'officier, qui ne voudra pas se borner à des notions superficielles, mais qui désire s'instruire sérieusement, devra recourir pour approfondir ces importantes questions de l'art militaire.

La suite au prochain numéro.

Paris. — Typographie de H. V. de Surcy et Cᵉ, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

ÉTUDES
SUR
LES ACIERS
DONT L'ARTILLERIE FAIT USAGE,

PAR
DE MASSAS,
Chef d'escadron d'artillerie.

—

CHAPITRE XIV.

De la trempe de l'acier.

Une opération très-importante et bien digne d'être mieux étudiée qu'elle ne l'a été jusqu'ici, je crois, est la trempe de l'acier. Comme mes intentions ne sont pas de faire de la théorie, j'écarte les questions scientifiques pour traiter celles de pratique usuelle.

Le plus grand nombre des ouvriers, quand il s'agit de tremper, chauffent au rouge, et dès que l'objet à tremper a acquis cette couleur avec uniformité dans toute son étendue, ils le plongent subitement et entièrement dans l'eau.

Je passe sous silence les précautions à prendre.

Au lieu de se servir d'eau ordinaire, certains ouvriers emploient l'eau de savon, l'huile, etc.

Mais, il est à observer que si la trempe se fait dans l'eau ordinaire, elle est toujours suivie d'une autre opération nommée recuit ; il n'en est pas ainsi quand on trempe à l'huile par exemple.

Bien tremper et recuire une pièce est un problème; car il faut donner à l'acier toute la dureté suffisante, ni plus ni moins.

L'immersion dans l'eau froide ordinaire produit une dureté trop grande et le recuit a pour but d'ôter l'excès ; toutefois, il y a lieu de chercher à résoudre les questions suivantes :

1° Quels sont les corps les plus aptes à durcir l'acier par la trempe ?

2° Serait-il indifférent de tremper à l'eau et de recuire, ou d'obtenir la dureté désirée par une trempe dans un liquide déterminé, sans recuire ensuite ?

En admettant l'utilité de recuit, n'y aurait-il aucun avantage à tremper dans le liquide qui serait reconnu apte à donner à l'acier le plus de dureté possible ?

3° Le recuit peut-il corriger le mauvais grain résultant d'une trempe faite, l'acier étant trop chaud ?

Pour résoudre ces questions, plusieurs essais ont été nécessaires.

1re *Question*. J'ai cherché la puissance de trempe de divers corps ; voici le tableau, suite de ce premier

travail. Les chiffres indiquent la dureté et la finesse relative du grain.

	Dureté à la lime.	Finesse du grain.	Observations.
Fer pur non aciéré	0	0	(Texture fibreuse.)
1 Eau bouillante	2	5	(En partie fibreuse.)
2 Limaille de fer	5	10	*id.*
3 Mercure	18	12	*id.*
4 Eau de savon	20	16	*id.*
5 Eau salée	22	18	(Pâte serrée, grise mate.)
6 Eau vinaigrée	25	20	*id.* homogène
7 Eau salée et vinaigrée	25	20	*id.* *id.*

D'après cela, je tiens pour certain que l'eau vinaigrée (il ne s'agit pas ici de mélange réfrigérant) donne au même acier convenablement chauffé (ce doit être sous-entendu) la trempe la plus dure et la pâte la plus serrée et la plus homogène.

Ainsi, 1° les huiles et savons dissous et même l'eau pure rendent l'acier moins dur que les eaux acides, les trempes étant faites aux mêmes degrés de température, par exemple de 15 à 20°.

2° Plus la trempe est rendue vive par la nature du liquide, plus le grain de l'acier devient serré et forme une pâte homogène, mate, sans aucun point brillant (on suppose que l'acier n'ait pas été porté à une température trop forte).

3° L'action de l'eau bouillante est inférieure à celle de la limaille de fer, la limaille de fer trempe moins que le mercure, et la trempe au mercure est inférieure à celle de l'eau vinaigrée.

Résumé.

La puissance de tremper croît, la température restant la même, avec le pouvoir conducteur du calorique du corps dans lequel on trempe, sa fluidité et sa propriété de mouiller l'acier.

2e *Question.* Il s'agit de reconnaître si, en trempant deux morceaux d'un même acier chauffés au degré de rouge convenable, l'un dans l'eau ordinaire et l'autre dans un autre liquide apte à le rendre beaucoup plus dur, et recuisant ensuite les deux morceaux à l'huile, par exemple, on rendrait par le recuit aux deux aciers une dureté et un grain absolument égaux.

Il semble, si le recuit est fait à une même température, que les deux résultats devraient être identiques, cependant mes essais tendent à prouver le contraire; le recuit ne donne pas à la pâte des deux échantillons une même apparence, et il est, selon moi, favorable d'employer pour la trempe le liquide qui durcit le plus.

3e *Question.* Quelle influence exerce sur la texture de l'acier une température trop forte (rouge vif et au-dessus) donnée à l'acier avant de le tremper? Est-il préférable de tremper à l'eau froide et de recuire ensuite ou de tremper dans un liquide disposé

pour donner, sans autre opération ultérieure, le degré de dureté que l'on veut obtenir en recuisant?

Dans nos arsenaux et manufactures d'armés, on trempe à l'eau et l'on donne ensuite un recuit, soit à l'aide de l'huile, soit en chauffant l'acier jusqu'à ce que la corne prenne dessus et brûle, soit quand les surfaces permettent de voir les couleurs dites de recuit, en chauffant jusqu'au bleu et passé le bleu.

Dans certains cas, des ouvriers civils trempent directement dans l'huile ou dans l'eau de savon et ne donnent aucun recuit.

Il m'a paru utile de faire quelques essais pour fixer exactement les effets de la trempe et du recuit; voici ce que j'ai trouvé :

1° Plusieurs morceaux de très-bon acier ont été chauffés presqu'au blanc et jetés à l'eau froide. Leur cassure a été lamelleuse et brillante (gros grain à facettes).

On a recuit le n° 1 à l'huile en le chauffant jusqu'à l'inflammation du liquide, et les n° 2, 3, 4, 5, 6 et 7 en les plaçant sur un corps chaud et leur laissant prendre la série des couleurs jaune foncé, rouge, violet, bleu , gris, gris plus blanc et la température du rouge sombre.

Ces échantillons ont été cassés et examinés; la température rouge sombre avait ramené au tissu fibreux les gros grains facettes qui étaient antérieurs au recuit; celle relative au gris blanc avait laissé subsister une partie des gros grains et ramené une autre

partie au fibreux ; au gris correspondait moins de fibreux et plus de facettes ; et enfin les températures des recuits, bleu léger, rouge, jaune, n'avaient pas sensiblement modifié les gros grains.

J'insiste sur ce dernier résultat, dont l'importance est très-grande au point de vue du bon emploi de l'acier en outils, baïonnettes, etc. ; car les gros grains et les tissus fibreux ne conviennent pas aux instruments tranchants.

Ainsi, le bon acier trempé trop chaud prend un gros grain composé de facettes lamelleuses, et le recuit aux diverses couleurs, jaune, rouge, bleu, ne modifie pas sensiblement cette contexture ; une température successivement plus élevée la détruit peu à peu et reproduit le tissu fibreux ; les gros grains redeviennent donc fibres sans passer par des grains plus fins.

En conséquence, un outil qui, aiguisé, prend le fil, une baguette ou une baïonnette présentant à la cassure un grain écailleux, n'accusent point nécessairement un acier de mauvaise qualité ; ces grains à facettes peuvent provenir d'une trempe faite, l'acier étant trop chaud, et le recuit n'a pu corriger les grains.

Cette série d'expériences terminées, on en a fait une seconde, ayant le soin de ne pas trop chauffer l'acier et au contraire de le maintenir à la température rouge la plus convenable ; on a trempé les échantillons dans l'eau ordinaire et on les a recuits aux couleurs jaune, orangé, bleu, gris et passé le gris.

En cassant quelques échantillons trempés et non recuits, on s'est assuré que la chaleur rouge à laquelle on les avait portés n'était pas trop forte, car ils avaient une pâte serrée, homogène, mate, sans aucune apparence cristalline ou fibreuse.

Après le recuit, on a tâté ces aciers à la lime, ensuite on les a cassés ; la pâte a commencé à devenir fibreuse à la couleur bleue ; mais elle n'avait aucun grain à facettes, et les fibres étaient de plus en plus apparentes, à mesure que le recuit avait eu lieu à une température plus élevée.

Par suite de ce qui précède, si une pièce en acier trempée et recuite manque de dureté, ou si elle s'use trop vite à la meule et ne peut tenir le fil, il ne faut pas en conclure que l'acier est mauvais; tous ces défauts peuvent provenir d'une trempe faite, l'acier n'étant pas assez chaud, ou d'un recuit à une température trop forte.

Afin de me rendre compte plus à fond de ces effets, j'ai renouvelé les essais précédents en trempant les morceaux d'acier chauffés à température convenable pour obtenir la plus belle pâte, dans de l'eau à 15°, 25°, 50°, 75° et 100° (eau bouillante).

Les échantillons tâtés à la lime et cassés ont prouvé que la dureté diminue avec l'élévation de température de l'eau et que la texture fibreuse commence à près de 25°.

D'après cela, il serait extrêmement facile de régler la température de l'eau suivant les instruments, outils

ou objets en acier à tremper, et de tremper toujours avec uniformité. Dans ce cas le recuit, devenu inutile, serait supprimé.

Résumé.

1° L'eau pure, aiguisée de vinaigre ou salée, doit être préférée pour la trempe, comme plus apte à durcir l'acier.

2° Le même recuit ne ramène pas à une contexture identique deux échantillons d'un même acier également chauffés et trempés dans des liquides de nature différente, et il ne peut rendre un grain fin à un acier qui a été trempé trop chaud.

3° Il est préférable de donner aux aciers la dureté désirable en les trempant dans un liquide préparé d'avance et de température comme (l'eau par exemple, portée à des degrés divers de chaleur). L'opération ainsi faite dispense du recuit.

Observation. — Un point très-important à régler est le degré de chaleur à donner à l'acier. Il y aurait un grand intérêt à trouver un moyen facile et certain de donner la température rouge convenable. Les ouvriers bons et soigneux prennent la précaution de fermer les portes et volets des ateliers où ils trempent l'acier ; l'obscurité leur permet de mieux juger à l'œil du degré de rouge de leurs pièces d'acier.

—

Je réunis dans cette seconde partie de mon Mémoire un résultat intéressant d'expériences (décomposition du plâtre par le fer), l'énoncé de synthèses à faire, le relevé de quelques erreurs existant dans le cours sur le service des officiers d'artillerie dans les forges, des doutes relatifs à la théorie des aciers et fontes imaginée par Karsten, et enfin j'appelle l'attention des métallurgistes sur le dosage du carbone allié aux fontes, dosage qui me paraît être très-souvent erroné par suite de surcharges qui se produisent dans les analyses chimiques.

CHAPITRE XV.

Action du plâtre sur le fer.

Dans le cours de mes expériences, un fait curieux s'est produit; le voici tel que j'ai eu l'occasion de l'observer. J'avais placé un barreau de fer de qualité excellente et du plâtre, dans une boîte en tôle et tenu le tout à la température rouge pendant 24 heures. Après ce laps de temps, la boîte fut retirée et on la trouva rongée aux trois quarts; le morceau de fer était lui-même diminué de plus des deux tiers de sa grosseur primitive; le plâtre avait disparu. Un composé fusible au rouge, aussi aigre et friable à froid que les paillettes de fer forgé, résultait ainsi de l'action du plâtre sur le fer.

Examiné avec soin et préalablement nettoyé de la couche de matière étrangère qui l'entourait, le morceau de fer restant fut reconnu d'excellente qualité.

Ainsi, rien de semblable à une cémentation n'avait eu lieu, et il ne s'était formé aucun gaz capable d'imprégner le fer à la température du rouge cerise. Evidemment, le sulfate de chaux a été décomposé et il s'est formé du sulfure de fer qui a coulé à mesure de sa production.

J'ai à regretter de n'avoir pu me rendre compte de la composition des scories, il eût été digne d'intérêt de savoir si elles contenaient de l'oxyde de fer ou un double sulfure de fer et de calcium.

La décomposition du sulfate de chaux par le fer, à la température du rouge vif, me porte à douter de l'influence salutaire attribuée par les métallurgistes à la chaux ajoutée aux bains de fonte sulfureuse, dans l'espérance de faciliter le départ du soufre et d'obtenir des fers non rouverains.

La chaux tend peut-être à rendre le fer sulfuré plus fusible, mais elle ne doit pas faciliter la décomposition de ce fer sulfuré répandu dans la masse de la fonte ni diminuer le déchet du fer.

Ainsi, l'addition de la chaux aux fontes rouveraines, destinées à l'affinage, ne me paraît pas utile, surtout en ayant égard au prix de revient du fer obtenu.

CHAPITRE XVI.

De l'acier fondu dans de la poussière de charbon.

Il est généralement admis que l'acier fondu dans un creuset rempli de charbon de bois ordinaire ou de coke pulvérisé, devient, suivant la durée de l'expérience et le degré élevé de la température, fonte blanche ou grise, etc. Je me suis demandé si le caractère de fonte blanche devait résulter du carbone seul ou des matières étrangères contenues dans tous les charbons, telles que la silice, l'alumine, les sels divers. Il ne faut pas l'oublier, sous l'influence d'une haute température (celle de la fusion du fer ou de l'acier), l'alumine et les oxydes, soit terreux, soit métalliques, sont réduits par le charbon ; du moins, tous

les chimistes admettent que les choses se passent ainsi. Alors, le silicium, l'aluminium, etc., entrent en combinaison avec le fer passé à l'état de fonte, par suite d'un excès d'absorption de carbone; ils peuvent donc modifier les propriétés de la fonte et lui imprimer un cachet particulier que le charbon seul ne lui donnerait pas.

Avant d'admettre avec certitude la formation d'une fonte blanche composée de fer et de carbone seulement, il faudrait renouveler des synthèses en employant des aciers fabriqués avec du fer, dont la qualité serait irréprochable et du charbon le plus pur possible, c'est-à-dire purgé de silice, d'alumine, de sels calcaires et autres.

Ces essais, s'ils étaient faits avec soin, jetteraient un peu de lumière sur la constitution des fontes de fer, dites blanches, obtenues par les hauts fourneaux marchant bien; car je mets en doute qu'elles puissent être le produit du fer et du carbone seuls; elles doivent plutôt résulter de l'union du fer carburé et des matières étrangères contenues dans le charbon et dans le minerais.

En mettant 100 grammes, par exemple, d'acier de cémentation saturé de carbone en contact avec 1/2, 1, 2, 3, 4 et 5 grammes, etc. de charbon pur, si c'était possible, ou tout ou moins exempt de silice, d'alumine, de sels terreux, etc.; ayant l'attention de faire varier, dans chaque série, la durée de la fusion, et pesant ensuite chacun des lingots obtenus, on se

procurerait certainement les éléments nécessaires pour résoudre la question relative à la production, possible ou non, des fontes blanches, au moyen du fer et du charbon seuls, et celle de quantités de carbone absorbées par les diverses variétés de fontes de fer.

CHAPITRE XVII.

De l'incertitude de la théorie actuelle des aciers.

J'emprunte, en la résumant, la théorie suivante des aciers et fontes au *Manuel de la métallurgie du fer*, par Karsten, traduit de l'allemand par Culmann, édition de 1824.

1° *Plombagine.*

1re *Variété.* — Limaille ou écume de fonte. — Formée de carbone à peu près pur.

2e *Variété.* — Graphite naturel. — Contient 90 à 95 de carbone et 10 à 5 de fer.

2° *Aciers.*

1re *Variété.* — Non trempé. — Composé de fer

combiné à une petite quantité de carbone (fer dit aciéreux) et de carbone ou graphite libre, épars dans la masse.

2° *Variété.* — Trempé. — Diffère de la variété 1re par le carbone ou graphite tout entier, combiné au fer aciéreux et répandu uniformément dans la masse.

3° *Fonte grise.*

Même genre de composition que l'acier non trempé.

4° *Fonte blanche.*

Même genre de composition que l'acier trempé.

Observation I. La quantité de carbone contenue dans la fonte blanche serait supérieure à celle de la fonte grise ; mais tout le carbone y serait à l'état de combinaison avec le fer, au lieu d'y être pour la plus grande partie à l'état de graphite, variété 1re ou 2e.

La théorie proposée par M. Karsten, ramenée à la forme ci-dessus exprimée, à supposer que je l'aie bien comprise, est très-simple et fort ingénieuse. Elle a été fondée sur les propriétés de l'acier pris dans les deux états avant et après la trempe. En effet, l'acier non trempé conserve en grande partie les qualités du fer dont il provient ; car on le soude et il reste malléable. Le carbone entré par cémentation semble donc agir comme un corps étranger, répandu dans

la masse, ayant pour but unique de gêner les mouvements des molécules du fer. De ces ressemblances a pu naître l'idée que M. Karsten s'est faite de l'état du carbone dans l'acier non trempé. Passons maintenant à l'acier trempé. Il reste fusible et on le soude; mais il est fragile et d'une dureté extrême. Les résultats de la trempe ont ainsi une certaine analogie avec ceux d'une cristallisation brusque, ce qui conduit à voir dans l'acier trempé une combinaison intime entre le fer et le carbone. De plus, comme la trempe exerce son action sur toutes les parties de l'acier à la fois, on est disposé à penser que le carbone se répartit uniformément dans la masse.

Tels sont les deux points principaux de la théorie de M. Karsten.

La fonte grise, un peu ductile ou malléable, a été rattachée à l'acier non trempé, et pour faire passer les propriétés de l'acier non trempé à celles de la fonte grise, il a suffi d'admettre une plus grande quantité de carbone dans la fonte grise que dans l'acier.

La fonte blanche, dure, cassante, à grandes lames, dont l'apparence est cristalline, a été, à son tour, rattachée à l'acier trempé, parce qu'il a suffi également pour rapprocher leurs propriétés physiques, d'admettre une plus grande quantité de carbone dans la fonte blanche que dans l'acier trempé.

—

Résumé.

La fonte grise serait de l'acier non trempé contenant une plus grande quantité de carbone passé à l'état de graphite, et la fonte blanche serait de l'acier trempé contenant une plus grande quantité de carbone ordinaire.

Tout le monde, à coup sûr, trouvera ces idées théoriques très-ingénieuses, mais la vérité est-elle là ? Je le mets en doute.

Dans les chapitres VII et XV, relatifs à la fusion de l'acier dans les charbons ordinaires, j'ai essayé de faire ressortir l'utilité d'une synthèse ayant pour but de vérifier avec exactitude si, avec du fer et du charbon le plus possible pur, on pourrait se procurer, par voie de fusion, une fonte ayant les propriétés de celles dites blanches qu'on obtient avec des minerais convenables, fusibles, le fourneau marchant bien.

D'autre part, quelle idée pourrait-on se faire de la nature de la combinaison du carbone et du fer, si l'on suit pas à pas les résultats de la trempe de l'acier dans de l'eau prise aux températures diverses de 15°, 20°, 25° et au-dessus ? Admettra-t-on que la quantité de carbone éparse dans la masse suivra l'accroissement de la température de l'eau et par suite de la faiblesse de la trempe ? Dans ce cas, quelles seraient les particules d'acier qui déposeraient leur carbone

lors des trempes faibles ou des recuits, et pourquoi les unes plutôt que les autres se débarrasseraient-elles d'une portion de leur carbone ? Si toutes en déposent également, alors le carbone sera uniformément épars, contrairement à la théorie. Enfin, ayons recours à un morceau d'acier neuf qui n'ait pas encore été trempé, le carbone s'y trouvera épars; chauffons cet acier et trempons-le, voilà tout le carbone combiné et uniformément réparti. Comment le carbone qui pouvait être, avant la trempe, en trop dans une place, a-t-il pu se rendre là où il n'y en avait pas assez ? On ne saurait le comprendre. Au reste, quand un échantillon de fer n'est pas suffisamment cémenté, il arrive souvent qu'après la trempe il est très-dur en certaines places et mou dans d'autres. Ainsi la répartition de carbone n'est pas toujours uniforme.

Il y aurait beaucoup à dire sur cette théorie et il serait même utile de le faire; mais je dois arrêter cette discussion qui, si elle était reportée sur les fontes, me jetterait entièrement hors du titre de ce mémoire.

Observation II. Je terminerai ce chapitre par une observation d'ordre. Le mot générique, fonte de fer, s'applique à un grand nombre de composés différents; la dénomination de fonte blanche comprend plusieurs espèces; il en est de même du mot fonte grise. La réunion de produits divers sous un même

nom entretient la confusion dans les idées. Il conviendrait donc de distinguer les espèces de fonte les unes des autres, et de donner à chacune d'elles une désignation spéciale. Je sollicite des métallurgistes l'adoption d'une nomenclature et d'uue synonymie analogue à celle adoptée depuis longtemps dans les livres de minéralogie.

CHAPITRE XVIII.

Observations sur les analyses de fer et d'acier (arsenic ou arséniure pris pour du carbone ou pour un carbure.)

Plusieurs fois, j'ai été conduit à analyser des fers de qualité suspecte et à les traiter par l'acide azotique ; voici un fait qui s'est produit sous mes yeux et sur lequel il me paraît utile de fixer l'attention.

La liqueur brunit ; peu à peu il se forme un dépôt léger, difficilement attaquable par l'acide.

Ce dépôt est ordinairement pris pour du carbone ou pour un carbure ; suivant moi, souvent l'arsenic et non le carbone en forme la base.

Je suis ainsi porté à penser qu'on dose comme carbone, dans les analyses de fontes, des matières telles que l'arséniure de fer, le siliciure de fer, etc.,

où le carbone n'est pour rien. Voici un fait à l'appui de cette assertion.

D'après Karsten, *Manuel de la métallurgie du fer*, traduction de M. Culmann, 1er vol. page 111, les quantités de carbone contenues dans les divers aciers varieraient de 1/2 à 1, 2, pour 0/0; mais on a vu au chapitre IV de ce mémoire, que près de 1/500 seulement d'absorption de carbone, produit par une cémentation au coke, avait suffi pour aciérer le fer au point de le rendre propre à la fabrication de petits ciseaux d'ouvriers en bois.

Le minimum de 0,2 ou de 0,5, indiqué par M. Karsten, est donc trop faible.

J'insiste sur les différences entre les résultats des synthèses et ceux des analyses chimiques; car les procédés d'analyse sont encore si imparfaits qu'il faut avoir recours aux synthèses; elles seules peuvent conduire à la vérité.

Beaucoup d'espèces de fer contiennent de l'arsenic; pour rechercher ce dernier métal et même le doser, je fais usage de la méthode suivante : Traiter par l'acide azotique une quantité de fer déterminée, étendre d'eau, saturer d'ammoniaque, laver avec de l'eau ammoniacale chaude, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'alcali, dissoudre le dépôt avec de l'acide chlorhydrique étendu d'eau et mettre la liqueur dans l'appareil de Marsh.

Quand le fer contient de petites quantiés d'arsenic, 1 à 3 millièmes, je dose ce dernier métal en prépa-

rant, à l'aide de synthèses et du procédé d'analyse précédent, trois séries de taches correspondant à 1, 2, 3 millièmes d'arsenic ; on n'a plus alors qu'à comparer à l'une de ces séries les taches provenant d'un fer à essayer.

Observation. Il arrive que le dépôt ferreux est lent à se rassembler au fond des verres ; les lavages sont alors un peu longs ; pour faciliter la chute des flocons, on peut ajouter à la dissolution azotique de fer 3 à 4 millièmes de plomb pur ; la saturation par l'ammoniaque précipite tout à la fois le plomb et le fer, et le dépôt ferreux se forme très-promptement. (La suite de l'opération comme ci-dessus.)

Cette méthode est extraite de mon *Mémoire sur les cuivres, étains et bronzes*, employés pour la fabrication des bouches à feu, page 79. (Corréard, Paris, 1850.)

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Je résume ainsi qu'il suit, et très-succinctement, le mémoire qui précède.

Première partie.

CHAPITRE Ier. Il n'est pas possible de cémenter le fer avec la silice : les charbons privés de silice ou du moins fort peu siliceux sont, au contraire, très-aptes à cémenter le fer et à le rendre bon acier.

CHAPITRES II et III. Les charbons ne cémentent pas le fer avec la même rapidité (voir leur classement).

Un gramme de carbone suffit pour rendre 500 grammes de fer assez acier pour que ce fer prenne la trempe à l'eau. Il n'y a aucune corrélation entre la dureté de l'acier avant la trempe et celle après.

CHAPITRE IV. Les fers durs ne sont pas préférables aux fers tendres pour la fabrication de l'acier de cémentation et de l'acier fondu, à degré égal de cémentation, pourvu que les deux espèces de fer soient de qualité irréprochable.

CHAPITRES V et VI. Les propriétés des divers charbons végétaux ou provenant de productions animales

sont très-différentes : il y aurait une grande utilité à étudier les charbons au point de vue de la quantité de carbone dont ils sont pourvus et de la nature des matières étrangères qu'ils contiennent.

Chapitre VII. Le meilleur cément est celui dont les ouvriers en fer font usage ; il y entre de l'ail et du sel marin.

On n'obtient la coloration donnée par les armuriers aux pièces d'armes, qu'en cémentant ces pièces avec des os.

Chapitre VIII. En soumettant le fer à une cémentation prolongée, on ne peut le transformer en fonte de fer ; la cémentation s'arrête et ne se défait pas ; il y a donc un degré maximum de cémentation.

Chapitre IX. L'acier de cémentation, même à saturation complète, est d'une stabilité à toute épreuve.

Chapitre X. La cémentation n'ôte pas au fer ses mauvaises qualités ; ainsi le fer pailleux ou cassant, soit à froid, soit à chaud. ou qui ne soude pas, conserve ces défauts, au moins en partie, même quand il est devenu acier fondu.

Chapitre XI. Pour les usages de l'artillerie, l'acier de cémentation, fabriqué avec du fer préalablement reconnu très-bon, doit être préféré aux aciers naturels.

Chapitre XII. Il est facile de cémenter le fer à un degré quelconque compris entre zéro et la saturation complète, et de rendre toutes ces séries d'acier ho-

mogènes en les fondant. Une fois les degrés de cémentation fixés comme aptes à donner des aciers bons pour des usages déterminés, on peut les reproduire facilement, sans sortir des limites de variation satisfaisantes pour la pratique.

CHAPITRE XIII. L'acier de cémentation saturé et fondu devrait être employé à l'exclusion de tous autres aciers pour les divers travaux de l'artillerie, particulièrement pour la fabrication des ressorts de platine, des baguettes de fusil, des baïonnettes, des sabres, des cuirasses, etc.

CHAPITRE XIV. L'eau ordinaire, ou acidulée avec du vinaigre, prise entre 15 degrés et l'eau bouillante, fournit un moyen extrêmement simple et exact de tremper l'acier à tous les degrés utiles de dureté, sans qu'il soit nécessaire de le soumettre à l'opération du recuit, cette dernière opération serait ainsi supprimée.

Deuxième partie.

CHAPITRE XV. Le sulfate de chaux attaque le fer pur et il se forme un composé qui, fusible à la température rouge, est aigre et fragile à froid à la manière des paillettes de fer forgé.

CHAPITRE XVI. Il y a lieu de vérifier par des synthèses si, comme on le croit, il est possible, avec du fer et du carbone seulement, d'obtenir des fontes blanches analogues à celles qui résultent du choix de

certains minerais, les hauts fourneaux marchant bien.

CHAPITRE XVII. La théorie des aciers et fontes de fer établie par Karsten, dans son *Manuel de métallurgie*, paraît être inexacte.

CHAPITRE XVIII. Beaucoup d'analyses de fontes sont erronées; on y indique comme carbone, de l'arséniure de fer et peut-être du siliciure, etc.; c'est-à-dire des matières peu attaquables par les acides.

CHAPITRE XIX. Les articles du cours sur le service des officiers d'artillerie dans les forges, édition de 1837, concernant les aciers, ne sont pas exempts d'erreurs.

COUP D'ŒIL SUR LES ÉTUDES

DU PASSÉ ET DE L'AVENIR

DE L'ARTILLERIE

DE

LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE

PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE

Par Martin de Brettes, Capitaine-Commandant au 3e rég. d'artillerie.

II.

Influence des armes à feu dans la guerre de campagne.

> Au XIVe siècle, tout cède devant l'homme d'armes à cheval, mais aussi tout change pour lui résister. Au XVe, tout se transforme pour résister à l'archer. Au XVIe, tout se modifie pour résister aux gros bataillons de piquiers. Enfin vient le règne du canon qui domine tous les ordres de bataille, et force, infanterie et cavalerie, d'obéir à ses lois.
>
> L.-N. Bonaparte (*Avant-propos des Études*).

Le livre Ier, qui traite de l'influence des armes à feu dans la guerre de campagne, embrasse la période de 1328 à 1646. Elle est partagée en quatre époques, formant chacune l'objet d'un chapitre particulier. La première époque s'étend de 1328 à 1461, la deuxième de 1461 à 1515, la troisième de 1515 à 1589 et la quatrième de 1589 à 1646.

Chacune de ces époques est caractérisée par un progrès de l'artillerie. Une artillerie grossière, servant généralement comme obstacle, caractérise la première époque; une artillerie grandement perfectionnée par l'invention des boulets en fer, des affûts

à roue et des tourillons, mais toujours employée à la défense, signale la seconde; la troisième est distinguée par la simplification de l'artillerie, cette arme est toujours employée dans la défensive, mais aussi pendant le cours des batailles; enfin la quatrième époque est remarquable par la création d'une artillerie de campagne, marchant et combattant avec les troupes, propre également à la défensive et à l'attaque dans les batailles.

Dans chaque chapitre, l'auteur traite de l'infanterie, de la cavalerie, de l'artillerie, de l'ordonnance des troupes, des ordres de bataille, etc., et cherche, au moyen de nombreux exemples judicieusement choisis parmi les batailles les plus remarquables, à déterminer le rôle de chaque arme en particulier et son influence sur le sort des combats. Mais c'est surtout les effets de l'artillerie et leurs conséquences qui sont l'objet principal de ses études.

PREMIÈRE ÉPOQUE, 1328-1461.

> Jusqu'en 1346, l'homme d'armes à cheval règne en maître sur le champ de bataille. C'est à peine si les retranchements peuvent opposer un obstacle à l'impulsion de ces hommes de fer qui s'avancent au galop; mais des masses d'archers arrêtent court cette fougueuse cavalerie; elle met alors pied à terre, se forme en bataillons profonds, afin de compenser par l'accroissement de sa masse ce que le choc perd en vitesse. Enfin l'artillerie à feu fait adopter la guerre de positions. (L.-N. BONAPARTE, t. I, liv. 1. ch. I.)

§ 1er. *Infanterie. — Organisation. — Armement. — Ordonnance.*

Au XIVe siècle, lorsque l'artillerie à feu paraît sur les champs de bataille, les principes de l'art de la guerre, qui aux beaux jours de la Grèce et de Rome avaient reçu de brillantes applications, étaient tombés dans l'oubli le plus profond. Les armées se composaient bien encore, comme dans le passé, d'infanterie, de cavalerie et d'artillerie, si l'on donne ce nom aux machines balistiques en usage et au personnel chargé de leur service, mais l'absence d'organisation, de discipline et de tactique, en faisait des

masses confuses, difficiles à mouvoir et à mettre en action.

L'infanterie se composait des milices des communes, des petits vassaux de la couronne et des fiefs, enfin de bandes d'aventuriers ou *roultiers*. Les milices des communes servaient le roi par patriotisme et en échange de certains priviléges; les petits vassaux, pour l'accomplissement du devoir féodal; les aventuriers, par l'attrait du pillage : aussi ces dernières troupes étaient-elles presque aussi redoutables pour les amis que pour les ennemis.

Les milices des communes, organisées par paroisse, marchaient précédées de la bannière du saint, sous le commandement d'un notable. Les paroisses d'une province se réunissaient sous les ordres d'un bourgeois, et quelquefois d'un gentilhomme. Ces contingents, rendus à l'armée, formaient un corps d'infanterie compacte, sous les ordres d'un chef particulier.

L'infanterie féodale, composée des petits vassaux obligés de suivre leurs seigneurs dans les combats, ne formait pas généralement une masse compacte, mais une infinité de petits corps propres aux escarmouches et à garder les bagages, etc.

Dans le courant du XIV[e] siècle, cette organisation reçut quelques modifications; d'après une ordonnance du roi Jean de 1354, les hommes se rassemblaient, au nombre de vingt-cinq à trente, en compagnies nommées *connétablies*. Chaque connétablie

avait un pennon à queue ; les bannières, indiquant les plus grandes divisions, étaient rangées sur le front de bataille par le soin des maréchaux. Il y avait des bannières de paroisses et seigneuriales.

Les roultiers formaient un corps séparé, sous un chef particulier.

Enfin l'infanterie tout entière était sous les ordres du grand maître des arbalétriers, depuis la création de cette charge par Saint-Louis.

Les milices communales, qui constituaient le fond de l'infanterie française, étaient bien déchues. Elles s'étaient démoralisées pendant les désordres qui affligèrent le XIII[e] siècle, et n'inspiraient plus de confiance aux rois. Cependant cette milice dura jusque vers le milieu du XV[e] siècle. Charles VII, qui avait eu plusieurs fois à se plaindre de son indiscipline et même de son insubordination, la supprima en 1448 et la remplaça par le corps des *francs archers*. Les nouveaux soldats furent ainsi nommés parce qu'ils étaient exempts de tailles. Le recrutement se faisait en choisissant par cinquante feux le plus habile à tirer de l'arc. Charles VII, dans ses ordonnances, recommande particulièrement ce point aux commissaires chargés des levées. « Lesquels (francs archers) seront eslus et choisis parmi nos eslus les plus droits et aisés pour le faict et exercice de l'arc qui se pourront trouver en chacune paroisse, *sans avoir égard ni faveur à la richesse et aux requestes que l'on pourrait sur ce faire.* »

Les francs archers, résidant chez eux, astreints seulement à posséder des armes et à se rendre à un rendez-vous déterminé en cas d'appel, ne constituaient pas une infanterie permanente, puisque le caractère de celle-ci est d'être constamment sous les drapeaux, mais plutôt une *réserve* organisée. C'était, néanmoins, une création d'une grande importance, au point de vue politique et militaire. Les francs archers furent organisés en compagnies. Chacune d'elles, forte de 500 hommes, était commandée par un capitaine. Sept compagnies étaient sous les ordres d'un capitaine général, capitaine immédiat d'une compagnie.

L'armement de l'infanterie des communes était très-irrégulier et très-imparfait sous le double point de vue défensif et offensif.

Les armes défensives étaient le *bassinet*, la *cotte de maille*, appelée *haubergeon* ou le plastron rembourré d'étoupes, nommé *jacque* ou *hocqueton*. Quelques-uns avaient le bouclier appelé *targe*, qu'on suspendait au cou dans les marches. Mais, en général, la plus grande partie de l'infanterie manquait d'armes défensives, quelquefois même elle était à peine revêtue de *jacques* déguenillés. Les francs archers, au contraire, devaient être régulièrement « pourvus, d'après l'ordonnance, d'un habillement convenable et suffisant, d'une *salade* et d'un *jacque*. »

Les armes offensives de l'infanterie, très-défec-

tueuses et irrégulières, étaient : la pique, l'arbalète, l'épée, le couteau, la hache, la massue. Mais, généralement, les gens de pied n'avaient qu'une de ces armes, quelquefois même ils étaient à peine armés. A la bataille de Mons-en-Puelle, sous Philippe le Bel, une partie des gens des communes avaient des arbalètes sans cordes, qui servirent de massues. Vers la fin du xiv[e] siècle, le tir de l'arc avait été popularisé et encouragé en France, de sorte que le nombre des archers augmenta dans les armées françaises et accrut considérablement la puissance de l'infanterie. Charles VII régularisa l'armement en ordonnant que chaque franc archer serait armé d'une dague, d'une épée et d'un arc avec flèches.

L'infanterie, avant la bataille de Crécy, était formée en gros bataillons. A Courtrai, en 1302, elle formait un bataillon qui avait 400 mètres de front 30 mètres de profondeur. Vers le milieu du xiv[e] siècle cet ordre changea. On ne connaît pas d'une manière précise l'ordonnance en usage; cependant, si l'on veut observer que l'infanterie était armée d'armes courtes, peu propres à l'ordre profond, que les armes de trait, dont l'emploi était presque général, impliquent l'ordonnance en ordre mince, que l'infanterie commençait le combat avec les armes de trait, puis faisait place aux hommes d'armes impatients de charger, on est conduit à admettre que l'infanterie était, en général, disposée dans l'ordre mince, qui se prêtait le mieux à l'emploi de ses armes.

Cette hypothèse paraît être confirmée par un précieux document cité par l'auteur des *Études sur l'artillerie*, d'après lequel l'usage aurait été de former l'infanterie sur trois rangs. Ce document, extrait d'un manuscrit de Philippe de Clèves, contemporain de Louis XII, est le suivant : « Et prenez qu'au temps passé ils *fesaient leurs batailles de pié que de troys ou quatre d'épais*. »

§ 2. *Cavalerie. — Organisation. — Armement. — Ordonnance.*

La cavalerie, qui faisait au commencement du XIVe siècle la principale force des armées, se composait d'unités indivisibles, appelées *lances fournies*. La lance fournie, composée d'un homme d'armes accompagné de plusieurs suivants à cheval et à pied, nommés *escuyers*, *pages*, *coutilliers*, *archers*, *varlets*, a beaucoup varié quant à son effectif. D'après les chroniques de Duguesclin et une ordonnance de 1356, elle était composée, à cette époque, d'un homme d'armes, d'un écuyer, d'un sommier et de deux varlets avec deux ou trois chevaux. Cette composition se maintint dans les levées régulières faites sous les rois Jean et Charles V. Sous Charles VI, la lance comprit jusqu'à neuf et dix

chevaux; Charles VII la réduisit à six en 1439, lors de la formation des compagnies d'ordonnance, dont nous parlerons bientôt. Cette réduction et cette création eurent pour objet de soulager le peuple, comme le prouve la citation suivante, rapportée par l'auteur des *Études sur l'Artillerie*. « Il assembla son conseil, advisant que tenir tant de gens vivant sur les champs et destruisant son peuple n'était que destruction, et que, chacun combattant, fallait dix chevaux de bagages, de fretin, de paiges et de varlets et toute cette coquinaille, qui ne sont bons qu'à destruire le peuple. Et pour ce ordonna le roy, par grande délibération du conseil, de mettre tous ces gendarmes en frontière, chaque homme d'armes à trois chevaux et deux archiers, ou trois et non plus, et seraient faictes leurs montres et payés tous les mois. » (Alain Chartier.)

Revenons à l'organisation de la cavalerie avant Charles VII. Les hommes d'armes et leurs suivants étaient réunis en compagnies de force variable selon le rang et la dignité du chef, c'est-à-dire selon que le capitaine était comte, sénéchal, chevalier banneret, chevalier bachelier, écuyer, etc. L'auteur des *Études sur l'Artillerie* prouve cette assertion par la citation suivante, extraite d'une ordonnance du roi Jean en 1351 : « Avons ordonné que tous les gendarmes soient mis par grosses routes, c'est assavoir la route d'au moins vingt-cinq hommes d'armes, de trente, quarante, cinquante, soixante,

soixante et dix, quatre-vingts, selon que les chevevetaines et les seigneurs d'icelles routes seront, et avons ordonné et ordonnons que nos conestables, les mareschaux, maistre des arbalestriers et autres reçoivent les monstres, etc. »

Sous Charles V, dit le Sage, chaque compagnie de gendarmes fut portée à cent lances et commandée par un capitaine. C'est ce qui résulte d'une ordonnance de 1373 sur la gendarmerie d'armes et les archers appelés gens *des ordonnances*.

En 1445, Charles VII acheva la réforme de la cavalerie, commencée en 1439. Elle présentait de grandes difficultés, la principale était d'empêcher que les gens d'armes congédiés de former des bandes semblables à celles qui avaient désolé le royaume si longtemps, et dont Charles V avait eu tant de peine à débarrasser la France. La fermeté et la prudence du roi surmontèrent heureusement tous les obstacles et la cavalerie fut organisée sur de nouvelles bases.

Charles VII remplaça la cavalerie féodale par un corps de quinze cents lances, composé de quinze compagnies de cent lances chacune, comme celles de Charles V, et ces compagnies devaient être entretenues en temps de paix et de guerre.

Les hommes d'armes se couvraient d'armures défensives autant que leur fortune le permettait, car elles étaient chères quand elles étaient faites avec art, comme celle de Milan. « Au XIVe siècle, dit l'auteur des *Études sur l'Artillerie*, l'habillement le plus

général pour les gens d'armes se composait d'une espèce de vêtement de cuir rembourré, appelé *gamboison*, sur lequel ils endossaient une chemise en maille de fer, nommée *haubert* ou *haubergeon;* par-dessus ils mettaient une cuirasse appelée *plate* ou *crevice* et un bouclier pendu au cou, appelé *targe* ou *écu*. L'armure complète se composait du casque, appelé *heaume* ou *bassinet*, du *hausse-col* ou *gorgeret*, de la cuirasse, des *brassards*, des *épaulières*, des *tassettes*, qui couvraient le bas-ventre, des *cuissarts* et des pièces de jambes, appelées *grèves*. Le *hallecret* était une cuirasse légère. Ils portaient sur l'armure une jupe brodée, nommée, au xve siècle, *sigladon*, et plus tard *saye* et *sayon*.

« Les armes offensives étaient la lance, longue de 14 pieds, l'épée, la dague, la massue, la hache d'armes. En route, ils chargeaient leurs armes sur des chevaux et des charrettes, et, pour soulager leurs chevaux de bataille, montaient de petits chevaux nommés *courtaux*. Mais, lorsqu'il s'agissait de combattre, ils *montaient sur leurs grands chevaux* couverts de fer, capables de courir en portant un lourd fardeau et de produire un choc souvent irrésistible.

« Les suivants, soit archers ou arbalétriers à cheval, soit écuyers, n'avaient pas d'armures complètes. Leurs chevaux n'étaient pas bardés de fer, et ils formaient, par conséquent, une cavalerie moins lourde. »

Les gendarmes des compagnies d'ordonnance

conservèrent cet armement, qui ne subit d'autre modification que le raccourcissement de la lance, dont la longueur avait été réduite à 5 pieds, d'après Froissart, vers le milieu du XIVe siècle, afin de rendre cette arme plus maniable lorsque la chevalerie combattait à pied.

L'ordonnance de la gendarmerie, au moment de charger, était réduite à la limite. Les gendarmes chargeaient en *haie*, c'est-à-dire rangés sur une même ligne. Leurs suivants étaient derrière eux, pour achever les ennemis qu'ils renversaient, et les secourir eux-mêmes en cas de besoin. Cette ordonnance paraît avoir pour cause la fierté nobiliaire. Un homme d'armes ne voulait pas charger derrière un autre; cette position au second rang aurait semblé indiquer une marque d'infériorité dans le rang et le courage. Cependant, comme toute la chevalerie ne pouvait charger à la fois, elle était disposée en masses profondes, dont chaque rang faisait une charge à son tour. Quand la gendarmerie combattait à pied, elle était rangée en bataillons profonds pour charger. Cette ordonnance commença à être mise en pratique en France à la bataille de Poitiers, en 1356.

§. 3. *Artillerie. — Organisation. — Matériel. — Anciennes machines. — Époque du premier emploi des bouches à feu. — Première artillerie.*

Le personnel employé aux machines balistiques, avant l'invention de l'artillerie à feu, était chargé à la fois de leur construction et de leur service en campagne. Il se composait d'un certain nombre d'ouvriers ou *engigneurs* intelligents, à qui, en échange de leurs talents et de leurs services, on accordait de grands priviléges. Ils étaient aidés dans leurs travaux et l'exécution du service des machines de jet par des aides et des pionniers.

Le personnel et le matériel étaient sous le commandement du grand maître des arbalétriers.

Quand l'artillerie à feu eut été inventée et vint concourir, sur les champs de bataille, avec les anciennes machines de jet, le personnel qui en fut chargé reçut une organisation analogue à celle qui existait pour l'ancienne artillerie.

Avant l'invention des bouches à feu, on employait, dans les batailles, des machines balistiques dont les propriétés étaient très-différentes. Les unes, nommées *espringoles*, portées sur des roues, lançaient, sous de petits angles, des pierres, des traits, ap-

pelés *carreaux*, et faisaient parcourir à ces projectiles des trajectoires rasantes; les autres, appelées *trébuchets* ou *engins volants*, portées aussi sur des roues, projetaient, sous de grands angles, des pierres et autres projectiles pour atteindre les troupes masquées par quelque obstacle. L'objet de ces trébuchets était analogue à celui des obusiers primitifs; de sorte qu'on avait déjà senti la nécessité de produire les tirs rasants et courbes en usage aujourd'hui. L'auteur des *Études sur l'Artillerie* a représenté dans la planche I[re] les machines curieuses qui luttèrent longtemps avec les bouches à feu avant de disparaître.

Il est difficile de fixer d'une manière précise l'époque du premier emploi des bouches à feu sur les champs de bataille. Les documents sont assez rares pour laisser la plupart des historiens et des écrivains militaires prétendent que les premières bouches à feu furent exclusivement employées dans la guerre des siéges et ne parurent pas sur les champs de bataille pendant le XIV[e] siècle. Les passages de *J. Villani* et des *Grandes chroniques de Saint-Denis*, dans lesquels il est fait mention de l'emploi du canon en 1346 à la bataille de Crécy, sont sans valeur à leurs yeux; le silence de Froissart à ce sujet est le principal argument qui sert d'appui à leur opinion.

L'auteur des *Études sur le passé et l'avenir de l'Artillerie* éclaircit complétement ce point obscur de l'histoire de l'artillerie et prouve en outre l'em-

ploi du canon dans les batailles pendant le cours du XIVe siècle.

« Le silence de Froissart, dit le Prince, ne prouverait rien, selon nous, si ce n'est que l'usage des armes à feu n'était pas nouveau du temps de cet historien, puisque nullement il ne parle avec étonnement de leur apparition ; ou bien son silence prouverait tout au plus qu'à ses yeux ces machines étaient si peu importantes en rase campagne, qu'il crut inutile d'en parler à propos de la bataille de Crécy. Mais M. Louandre vient de publier, dans son intéressante *Histoire du Ponthieu*, un passage d'un manuscrit de Froissart, conservé à la Bibliothèque d'Amiens, qui détruit toutes ces hypothèses ; car on y lit : « *Et les angles descliquèrent aucuns canons qu'ils avaient à la bataille pour esbahir les Génévois.*

« Froissart confirme ainsi le dire des autres chroniqueurs : d'ailleurs, un manuscrit anglais signale l'existence de canonniers (*gunners*) dans l'armée d'Édouard III. Il est donc naturel de penser que ce grand guerrier en avait à Crécy.

« C'est donc à la bataille de Crécy, en 1346, qu'on pourra faire remonter le premier usage des bouches à feu dans la guerre de campagne. »

Ce point éclairci, on pourrait admettre, comme conséquence logique, l'emploi ultérieur de l'artillerie à feu dans les batailles du XIVe siècle. Mais l'auteur des *Études* le prouve directement par des citations historiques incontestables.

En 1364, d'après la *Chronique de Duguesclin*, lorsque le prince de Galles marcha sur Najara pour remettre Pierre le Cruel sur le trône, il traînait à sa suite des *bombardes* et des arcs à tour; en 1369, d'après Froissart, « les Anglais firent amener des *canons* et espringoles qu'ils avaient de pourveance en leur ost et pourvus de longtemps et usagés de mener. » Dans l'inventaire de l'artillerie de Bologne, en 1381, il est aussi fait mention de l'artillerie de campagne sous la dénomination suivante : « Item novem bombardas ad scaramosando (pour escarmoucher). » Enfin, on se servit de petits canons dans les guerres de Flandre en 1442.

On possède peu de renseignements sur l'artillerie du XIVe siècle; mais elle devait peu différer de celle en usage au commencement du XVe, sur laquelle on a conservé des détails suffisants pour la faire connaître.

Les premiers canons dont l'histoire fait mention étaient de très-petit calibre. On pourrait même les considérer comme des armes portatives, si leur construction grossière ne leur eût donné un poids considérable, qui les rendait très-difficiles à manier, et faisait trouver plus commode de les transporter et de les tirer sur des charrettes.

« Ces canons, dit l'auteur des *Études*, étaient placés, au nombre de deux, de trois et de quatre, sur un train à deux roues garni d'un mantelet en bois qui protégeait les canonniers contre les projec-

tiles ennemis, et la partie antérieure était armée de fers de lances, imitant ce qu'on appelle cheval de frise. Cette voiture, traînée par un cheval ou des hommes, s'appelait *ribaudequin*, du nom donné autrefois à des arbalètes à tour qui jouaient le même rôle. » Cette description, qui résume celles données par Froissart au XIVᵉ siècle, Christine de Pisan et les chroniqueurs du siècle suivant, tels que Pierre de Fénin, Monstrelet, conduit le Prince à conclure que ces petits canons devaient être chargés par la culasse; car les lances, souvent garnies d'artifices, rendaient très-difficile, sinon impossible, le chargement par la bouche. La justesse de cette conclusion, quelque évidente qu'elle puisse paraître, est corroborée par une citation des Comptes de Saint-Omer en 1342, dans lesquels on lit : « A Colard du Loquin, pour un laichet mis pour fremer les boistes sous l'engin dont on trait les dix canons, 11 solz. »

Quelquefois un seul canon était placé sur une espèce de chevalet ou sur un affût à roue; mais on préférait généralement porter plusieurs canons sur une même voiture. Cet usage se conserva longtemps, et, à la fin du XIVᵉ siècle, on cherchait à perfectionner ou plutôt à compliquer cette première invention.

A ce sujet, l'auteur des *Études* rapporte que, dans l'*Histoire de la domination des seigneurs de Carrare*, par Giovanni Citadella, Scaliger avait fait construire en 1387 trois grands chariots qui portaient chacun

cent quarante petites bombardes placées sur trois rangs. Chaque rang était divisé en quatre compartiments, et les douze bombardelles, contenues dans chaque compartiment, faisaient feu à la fois. Les charrettes étaient conduites par des hommes portant des hallebardes chargées d'artifices qui brûlaient ceux qu'elles touchaient. « Nous verrons, ajoute le Prince, ces armes compliquées renaître à divers intervalles et se produire sans cesse comme de nouvelles inventions. »

Vers la fin du XIVe siècle, l'usage de l'artillerie à feu s'était répandu partout, et les bouches à feu avaient reçu, selon les temps, les lieux et le caprice des ouvriers, des formes et des dimensions très-variées. On avait épuisé toute l'échelle des calibres, depuis ceux correspondant à des balles de plomb de trente-deux à la livre jusqu'à ceux destinés à des boulets de pierre de 1000 livres.

A cette époque, on commence à mener de gros canons en campagne : il en est fait mention à la bataille de Tongres, en 1408. Sous Charles VII, en 1444, au combat de Saint-Jacques, il y avait une bombarde de 36 centimètres de diamètre, lançant un boulet de pierre pesant 120 livres; elle est conservée à Bâle. Cependant les petits calibres étaient plus en faveur dans les armées; car Paul Jove cite comme un fait important, mais à tort comme nouveau, l'emploi de petits canons longs de deux brasses, qui étaient portés sur des charrettes à la bataille de la Riccardina, en 1426.

Les ribaudequins, appelés désormais *orgues*, existaient encore, car, au combat de Saint-Jacques, en 1444, les Suisses avaient un *canon à grêle*, qui consistait dans un système de neuf petits canons portés sur un train.

Parmi cette grande variété de bouches à feu, on choisissait généralement les petites pour la guerre de campagne. Une vignette, extraite d'un manuscrit intitulé *Vigiles de Charles VII*, qui représente un rang de petits canons servis chacun par un seul homme, est un témoignage authentique de la faiblesse du calibre des canons alors en usage dans les batailles. Cependant, vers la fin du XIVe siècle, on avait des canons qui lançaient des boulets de fer ou de plomb de plusieurs livres. L'*Inventaire de l'Artillerie de Bologne*, de 1381 et 1397, où il est fait mention de boulets de 1, 2, 3 et 6 livres, en donne une preuve incontestable.

La même diversité se faisait remarquer dans la nature des projectiles. Les canons lançaient des carreaux, des flèches enflammées, des boulets de pierre, de fer (*Inventaire de Bologne*), de bronze, de plomb, des balles en fer, des pierres incendiaires, des grenades (*Inventaire de la Bastille*, 1428), des boîtes à mitraille remplies de balles de plomb (*Inventaire de la Bastille*), des sacs remplis de pierres, etc.

L'artillerie éprouva peu de changements jusqu'à Charles VII, et même, sous son règne, ce fut plutôt

l'habile emploi qu'en firent les frères Bureau qui établit la réputation de cette arme; car les calibres cités par Jean de Beuil, auteur du *Jouvencel*, qui écrivait vers 1470, sont exactement ceux désignés par Christine de Pisan comme en usage au XIVe siècle.

Le personnel et le matériel de l'artillerie à feu resta sous les ordres du grand maître des arbalétriers.

§. 4. *Ordre de marche, de campement des armées.*

On ne possède pas de documents précis sur les dispositions prises pour la marche des armées aux XIVe et XVe siècles. D'après le père Daniel, *Histoire de la milice française*, ils manquent même jusqu'au règne de Louis XIII. Elles devaient marcher très-lentement par suite de leur composition, du peu de discipline qu'elles observaient et des nombreuses voitures traînées à leur suite. Ces voitures, destinées à porter les tentes, les armes, les vivres, etc., continuèrent d'encombrer les armées jusqu'à la fin du XVe siècle; car une ordonnance du roi Louis XI relative aux francs archers, accordait en 1475, pour quinze hommes, une charrette à trois chevaux, « ainsi que autrefois a esté ordonné; » ce qui faisait pour les 16,000 archers le nombre effrayant de *mille soixante-sept voi-*

tures. Cette proportion est encore au-dessous de celle dont fait mention Lefèvre de Saint-Remy. D'après cet écrivain, le duc de Bourgogne aurait eu, en 1411, *douze mille chariots* pour 40 à 50,000 Flamans, ou *une voiture pour quatre hommes*.

Ainsi à cette époque, où les voies de communication étaient rares et en mauvais état, où les cartes géographiques manquaient et auraient d'ailleurs été de peu d'utilité à des gens de guerre aussi vains qu'ignorants, la lenteur des marches était une nécessité. Mais cette lenteur était de peu d'importance pour les opérations militaires de l'époque, qui se réduisaient à diriger une armée contre celle de l'ennemi. Les armées marchaient un peu au hasard, et s'égaraient quelquefois. Les exemples ne manquent pas : En 1354 le roi Jean, s'avançant vers Poitiers pour combattre le prince de Galles, est fort surpris que « les ennemis que tant désirait à trouver étoient derrière et non devant. » En 1382, dans la campagne de Flandre, Duguesclin demande, avec une naïveté parfaite, quel est ce pays de Flandre où il n'a jamais été et cette rivière, la Lys, que l'armée ne peut traverser; plus tard, en 1416, le duc de Bourgogne, voulant assiéger Calais, se trompe de chemin et arrive devant Saint-Omer avec son armée.

Le mode de campement des armées n'est pas mieux connu que la manière de les faire marcher. « Nos anciens historiens, dit le père Daniel, ne se sont pas mis en peine de nous instruire de beau-

coup de choses là-dessus. » Cependant il résulte des citations faites par l'auteur des *Etudes sur l'Artillerie*, que les armées se fortifiaient généralement en s'entourant de leurs voitures, pour se mettre à l'abri de la cavalerie. Quelquefois on creusait un fossé pour arrêter l'ennemi.

§ 5. *Ordres de bataille, disposition de trois armes.*

Les armées, au commencement du XIVe siècle, adoptaient généralement la formation sur trois lignes comme disposition de combat. A cet effet, elles étaient partagées en trois fractions appelées *batailles*, qu'on plaçait les unes derrière les autres.

L'infanterie était généralement mise en première ligne : les *communes* massées au centre et les gens de trait aux ailes.

Les hommes d'armes à cheval, prêts à charger, formaient les deux autres lignes. Ils étaient rangés, avant de charger, en ordre profond et tellement serrés, que, selon l'expression des chroniqueurs du temps, « un gant, jeté au milieu d'eux, ne serait pas tombé par terre. »

Cette disposition des diverses armes est justifiée par la description que Ricord, écrivain du XIIIe siècle, fait de la bataille de Bouvines. Il dit, en effet,

que l'armée de l'empereur marchait en ordre de bataille, les chevaux couverts de leurs armures, *derrière* l'infanterie, *signe évident* que c'était pour combattre.

En 1351, à la bataille de Crécy, l'armée française était rangée sur trois lignes, dont la première était composée d'arbalétriers gênois, et les deux autres de gendarmes à cheval.

Ainsi jusqu'à cette époque, quoi qu'en aient dit quelques historiens, l'infanterie combattait en première ligne.

Les machines de jet, avant l'invention de la poudre, étaient habituellement placées en avant de l'infanterie. Elles étaient en petit nombre, car les historiens rapportent qu'à la bataille de Mons-en-Puelle, en 1304, les Français avaient mis en batterie sur leur front trois espringoles dont le projectile pouvait percer quatre ou cinq rangs.

Après la bataille de Crécy, l'infanterie, composée d'archers et d'arbalétriers, est disposée en lignes minces sur trois ou quatre de profondeur, et on la place en avant ou sur les flancs de la première division de gendarmes, disposition habituelle, selon Froissart.

La gendarmerie, qui avait toujours combattu à cheval jusqu'à cette funeste bataille et qui méprisait souverainement la *piétaille*, comme on appelait alors l'infanterie, commença à mettre pied à terre, pour combattre, à la bataille de Poitiers. Dès lors la no-

blesse se fait infanterie dans presque toutes les batailles pendant plus d'un siècle, comme le prouve l'auteur des *Etudes sur l'Artillerie* par de nombreuses citations historiques.

La gendarmerie était partagée en trois divisions à pied et rangée en ordre très-profond. Ces divisions, appelées *avant-garde*, *bataille* et *arrière-garde*, étaient placées l'une derrière l'autre comme précédemment. On conservait toutefois quelques centaines hommes d'armes à cheval. Les chevaux des gendarmes à pied et les valets étaient réunis derrière l'arrière-garde.

Les Anglais ne mettaient pas leurs *batailles* les unes derrière les autres, disposition vicieuse en ce qu'une *bataille* repoussée mettait le désordre dans celle qui la suivait, mais les plaçaient en échelons; de sorte que, tout en évitant le vice de la disposition française, ils se procuraient l'avantage de faire soutenir la *bataille* engagée par celles qui étaient en arrière.

Duguesclin avait imité cette ordonnance à la bataille de Monteil; son exemple ne fut point suivi, et l'on continua de suivre les anciens errements.

Sous Charles VII, on remarque quelques perfectionnements dans la disposition des troupes pour les batailles. En 1429, le roi partagea son armée en quatre divisions, dont deux formaient la première ligne, et chacune des autres une ligne en arrière. Jean de Beuil, qui avait assisté à toutes les guer-

res de Charles VII, tout en recommandant, de faire plusieurs *batailles* d'hommes d'armes et de mettre les archers sur leurs flancs, prescrivait de placer sur les ailes de *petits troupelets* d'hommes à cheval, pour soutenir les gens de trait. Mais ces exceptions n'infirmaient pas encore la règle généralement adoptée.

Dans les premiers temps de l'emploi de l'artillerie dans la guerre de campagne, les bouches à feu étaient mêlées aux charrettes, dont on entourait les armées pour les protéger contre la cavalerie. Cette disposition fut prise par les Gantois en 1382, lorsqu'ils sortirent de leur ville pour combattre le comte de Flandre. (Froissart, livre II.) Mais, avant la fin du XIV[e] siècle, on éparpilla les canons sur toute la ligne ou sur les ailes de la première bataille, concurremment avec les archers et les arbalétriers. Cette disposition paraît prouvée par cette phrase de Christine de Pisan : « Les canonniers arrangés comme les arbalétriers et les archers. »

Dans le commencement du XV[e] siècle, on disposa, dans quelques circonstances, l'artillerie d'une manière plus rationnelle. On ne l'éparpillait pas sur toute la ligne, mais on la partageait en trois divisions sur les ailes et le centre. On la masquait aussi, avec des arbalétriers et des archers, jusqu'au moment où on jugeait que le tir pouvait produire de grands ravages dans les rangs ennemis. Cette disposition remarquable fut employée à la bataille de Bulligneville en 1431. Ce fait est trop important pour ne

pas citer le passage suivant de Monstrelet, rapporté par l'auteur des *Etudes sur l'artillerie* : « Firent asseoir, dit-il, aucuns canons sur les *deux bouts* et *au milieu de leurs batailles*.... et quand vint que les Barrois furent bien seurs d'eux, comme à douze ou seize *diastres*, ils bouterent le feu tout en une fois dedans leurs canons et couleuvrines dessus dites, et avec eleverent un gran cry; pour la doute desquels canons grand partie d'iceux Barrois se plongerent dans contre terre et furent fort effrayés. »

Jusqu'alors, l'artillerie paraît être exclusivement employée pour la défensive. Cependant, dès la première moitié du xve siècle, on essaya de faire marcher des pièces légères en avant des *batailles*, qui allaient attaquer l'ennemi. On voit un exemple de cette disposition à la bataille de Gavres en 1453.

§ 6. *Emploi et effet des diverses armes, principalement de l'artillerie.*

Jusqu'à la bataille de Crécy, l'infanterie, placée en première ligne, commençait le combat avec ses armes de jet; puis, quand le désordre commençait à se mettre dans les rangs ennemis, les hommes d'armes chargeaient, et leur choc impétueux décidait ordinairement la victoire. Mais l'impatiente valeur

des hommes d'armes n'attendait pas toujours ce moment favorable, ils furent souvent les victimes de leur témérité. La cavalerie chargeait en haie, c'est-à-dire que les hommes d'armes étaient sur un seul rang, suivis de leurs pages ou varlets qui formaient, ainsi, un second rang. La cavalerie française faisait des charges successives, puisqu'elle était disposée, avant la charge, sur plusieurs rangs. La plupart du temps, les combats dégénéraient en une lutte corps à corps, en une infinité de tournois sanglants, où la *prouesse* était le but de chaque chevalier.

Cette ressemblance entre les tournois et les batailles paraîtra encore plus frappante, si l'on veut observer que les armées, au XIVᵉ siècle, se donnaient rendez-vous pour combattre sur un terrain convenable, c'est-à-dire non obstrué par des marais et des bois. L'auteur des *Études sur l'artillerie* cite à ce sujet la demande que Philippe de Valois adressa en 1327 à Édouard III, occupé au siége de Calais : « Sire, le roi de France nous envoie devers vous, dit messire Eustache de Ribeumont, et vous signifie qu'il est venu et arrêté sur le mont de Sangates pour vous combattre, mais il ne peut voir ni trouver voie comment il puisse venir jusqu'à vous : si en a-t-il grand désir pour désassiéger sa bonne ville de Calais... *Si verrait volontiers que vous voulussiez mettre de votre conseil ensemble et il y mettrait du sien, et par l'avis d'iceux aviser une place là où l'on se pût combattre.* » (Froissart.)

Les machines à jet, avant l'emploi du canon, commençaient à tirer en même temps que les archers et arbalétriers, mais produisaient peu d'effet, tant à cause de leur petit nombre que par la lenteur de leur tir.

Ainsi jusqu'à Crécy, les machines de jet et l'infanterie remplissent dans les batailles un rôle très-secondaire. La cavalerie était l'arme par excellence; c'était elle qui constituait la force des armées et gagnait les batailles. Rien ne résistait à l'impétuosité de la gendarmerie française, dont l'orgueil s'était accru en raison de sa puissance. Elle méprisait tellement les gens de pied, qu'elle n'hésita pas à fouler aux pieds de ses chevaux sa propre infanterie dans plusieurs rencontres. Mais Crécy fut la dernière bataille où l'on vit commettre un pareil suicide. Depuis, l'infanterie devint tellement redoutable, que les hommes d'armes, pour lui résister, furent obligés de descendre de leurs chevaux et de combattre à pied, jusqu'à ce qu'une infanterie assez solide leur permît de remonter à cheval dans les batailles.

A Crécy, les archers anglais, par leur habileté et leur promptitude à tirer de l'arc, car ils pouvaient lancer dix à douze flèches par minute, criblèrent les Français de leurs traits, « qui tombaient dru comme neige, dit Froissart. » Les arbalétriers gênois, employés par les Français, ne purent résister à cause de la lenteur du tir de l'arbalète et se débandèrent. Les hommes d'armes, précipités à terre par la mort

de leurs chevaux percés de flèches ou arrêtés par les piques fichées en terre, en guise de fraises devant les archers anglais, virent leur courage devenir inutile. Ceux qui pénétraient à travers les archers venaient tomber sur les hommes d'armes anglais, à pied, rangés, selon leur habitude, en bataillons profonds, contre lesquels les attaques étaient sans résultat.

Dès lors, comme nous l'avons dit, on adopta en France la méthode anglaise, de faire combattre la gendarmerie à pied; mais on n'imita pas la manière d'engager les différentes armes, qui réussissait si bien aux Anglais. Les Français, après une décharge générale de leurs gens de trait, de leurs canons ou engins, lançaient les gendarmes, conservés à cheval, contre l'ennemi, afin d'y mettre le désordre et d'en faciliter la défaite aux bataillons de gendarmes à pied. On combattit ainsi à Poitiers en 1356 et dans plusieurs autres batailles, même à Azincourt en 1415. Cette troupe de gendarmes à cheval, qui aurait servi très-utilement pour mettre en déroute les bataillons ennemis ébranlés par l'attaque de l'infanterie, périssait presque toujours misérablement par les flèches des archers, sans avoir produit de résultat utile. Les Anglais, au contraire, commençaient toujours le combat avec leurs archers, qui continuaient à jeter des flèches jusqu'à ce que l'ennemi fût ébranlé; alors ils lançaient sur lui des petites troupes de gendarmes qu'ils conservaient à cheval, et décidaient sa défaite. Crécy,

Poitiers, etc., montrèrent la supériorité de la tactique adoptée par les Anglais.

Les effets de l'artillerie dans les batailles, depuis Crécy jusqu'à la fin du règne de Charles VII, sont difficiles à constater, les écrivains contemporains donnant peu de détails à ce sujet. Ce silence tient probablement au peu d'effet produit par une artillerie composée de canons très-petits dont le tir était très-lent et presque sans justesse Chaque canon, jusqu'au milieu du xv[e] siècle, pouvait à peine tirer un coup dans une affaire, elle était généralement décidée avant qu'il fût rechargé, ou bien l'engagement des troupes empêchait de tirer de nouveau. On compensait le manque de vitesse du tir par le nombre des canons : ce qui explique la quantité considérable de bouches à feu que les armées menaient alors à leur suite.

Ainsi les Gantois, en 1387, sortant de leur ville pour combattre le comte de Flandre, avaient *deux cents chars à canons,* appelés *ribauldequins*, pour une armée de 5,000 hommes.

Les canons étaient, comme nous l'avons dit précédemment, habituellement mêlés avec les voitures dont on entourait les armées pour les protéger, principalement contre la cavalerie. En 1387, les Gantois adoptèrent cette disposition, et quand l'ennemi fut assez rapproché, ils firent une décharge générale de leurs deux cents ribauldequins, qui contribua puissamment à le mettre en déroute.

L'artillerie n'avait pas toujours la même puissance; à la bataille de Rosebecque, qui eut lieu la même année, celle des Gantois ne produisit aucun effet; elle fit reculer les Français *d'un pas et demi*, d'après Froissart.

A la bataille de Tongres ou Hasbain, en 1408, les deux partis avaient une grande quantité de ribauldequins et coulevrines qui n'eurent aucune influence sur l'issue de la journée, d'après le récit du duc de Bourgogne lui-même.

A la bataille d'Azincourt, en 1415, les canons furent de peu d'utilité, et durent probablement embarrasser les hommes d'armes français placés entre deux bois, dans un espace si resserré, que les arbalétriers n'avaient même pas de place, comme le rapporte Saint-Remy

En 1453, à la bataille de Gavres, dont il a été question précédemment, l'artillerie suffit pour rendre inattaquable la position des Gantois, et obliger le maréchal de Bourgogne d'user de stratagème pour les attirer hors de la ligne de leurs canons, afin de rendre ceux-ci inutiles.

C'est à la même bataille qu'on voit l'artillerie bourguignonne marcher avec les troupes pour attaquer l'ennemi, et contribuer puissamment à la victoire.

Malgré cet exemple remarquable, l'artillerie était, au xve siècle, presque uniquement employée à fortifier la position de l'armée, et à battre le terrain par où l'ennemi pouvait arriver,

L'artillerie à feu avait donc généralement, jusque dans le milieu du xve siècle, peu d'influence sur le sort des batailles, quoique les canons portassent plus loin que les arbalètes, imprimassent à leurs projectiles une plus grande force de percussion, et agissent sur le moral des troupes par le bruit de leur décharge.

Mais, dès le xive siècle, les canons paraissent avoir été préférés aux arbalètes dans les opérations secondaires, parce qu'ils étaient plus faciles à manier et demandaient moins de monde pour leur service. Les exemples suivants en sont la preuve.

En 1382, les bombardes portatives des Français contribuent avantageusement à la défense du pont de Commines, d'après Froissart; en 1418, l'artillerie favorise puissamment le passage des rivières. « Le seigneur de Cornouailles, dit Monstrelet, lieutenant du roi d'Angleterre, voulant passer la Seine près du Pont-de-l'Arche, vint à Tours avec huit petites nacelles, avec lesquelles il se mit à l'eau, accompagné de son fils, âgé de quinze ans, de soixante combattants et un seul cheval, chargé de *petits canons*, et autres habillements de guerre, se fit nager en une petite île qui était au milieu de l'eau, de laquelle ils pouvaient pleinement traire sur les François dessus dits qui gardoient le rivage, lesquels François étant bien huit cents combattants et douze mille hommes des communes du pays, se départirent en grand desroy, et a donc ledit Cornouailles et ses gens passèrent outre par les bateaux dessus dits et descendirent à terre. »

A l'étranger, l'artillerie de bataille n'a pas plus d'importance. A Brux, en 1421 ; à Mallechow, en 1424 ; à Aussig, en 1426 ; à Tachau, en 1431, l'artillerie des Hussites et des Autrichiens devint alternativement la proie des vainqueurs, sans influer sur la victoire.

En résumé, l'artillerie, à la fin du règne de Charles VII, malgré l'emploi judicieux et exceptionnel qu'en firent les *frères Bureau* sous son règne, jouait encore dans les bataillons un rôle très-secondaire, mais était très-appréciée pour les opérations secondaires de la guerre.

§ 7. *Influence des archers et de l'artillerie sur l'art militaire.*

Au commencement du XIVe siècle, la noblesse à cheval constituait l'élément essentiel des armées, sinon les armées elles-mêmes, car l'infanterie n'était comptée pour rien, et l'artillerie, rare et peu efficace, n'avait aucune importance.

A Crécy, l'adresse des archers anglais, la vitesse du tir de l'arc, arrêtent la chevalerie française, neutralisent sa valeur, et établissent désormais la puissance de l'infanterie. Les hommes d'armes, qui, pendant plus d'un siècle, sont obligés de descendre de cheval pour la combattre, constatent eux-mêmes,

d'une manière irrécusable, que la cavalerie ne peut tenir devant l'infanterie. L'infanterie, et nous donnons ce nom à l'ensemble des combattants à pied, devient donc l'arme principale dans les batailles. Qui a produit cette révolution si blessante pour la cavalerie féodale? La supériorité de l'armement et l'instruction de l'infanterie anglaise.

A dater de Crécy, le petit nombre de gendarmes, qui restent à cheval pour combattre, réduit la cavalerie, proprement dite, à un rôle très-secondaire. Elle ne décide plus la victoire comme auparavant, elle sert seulement à commencer l'attaque pour ébranler l'ennemi et faciliter sa défaite, quand il est abordé par les gros bataillons.

Ainsi, l'influence des archers anglais amena l'augmentation des combattants à pied et la réduction de ceux à cheval.

L'artillerie à feu avait, vers le milieu du xve siècle, fortifié la défense contre les brusques attaques. On commençait à rechercher les positions où elle pouvait produire le plus d'effet contre les armées assaillantes. Il ne s'agissait donc plus alors, comme au commencement du xive siècle, de choisir pour lieu des combats un endroit dégagé d'obstacles, de bois, de marais, etc.

L'emploi de l'artillerie à feu avait donc conduit à étudier et à apprécier l'influence de la forme du terrain sur la défense d'une position. D'un autre côté, la portée des projectiles obligeait les armées assail-

lantes à beaucoup de circonspection pour ne pas trop en souffrir. De là les stratagèmes, pour attirer l'ennemi, qui était sur la défensive, hors de la protection de son artillerie, ou pour marcher de manière à se garantir le mieux possible de l'effet meurtrier des projectiles. La nécessité fit ainsi sentir le besoin d'ordonner convenablement les mouvements des troupes, en un mot, de manœuvrer.

«Enfin, l'artillerie à feu, dit l'auteur des *Études sur l'artillerie*, fait adopter la guerre de position qui expose à une valeur téméraire la prudence et la réflexion; cependant la guerre n'est pas encore une science, et les éléments qui composent une armée ne sont pas encore développés.» Mais le canon, en forçant de tenir compte à la fois des propriétés passives du terrain et de calculer les mouvements des troupes, avait conduit à la renaissance de la tactique.

Quant à la stratégie, ou la science de dresser un plan de campagne et de coordonner entre eux les éléments passifs et actifs, c'est-à-dire les positions et les troupes, elle n'existait pas. Les connaissances géographiques, statistiques, étaient trop bornées, et les opérations militaires trop simples pour qu'elle pût naître et se développer. Cependant Jean de Beuil a émis, à l'occasion de l'expulsion des Anglais hors du territoire français, en 1450, des idées d'une haute portée stratégique. « Si les Anglais, dit-il, au lieu de s'enfermer dans les places de la Normandie et de la Guyenne, eussent réuni toutes leurs garnisons,

ils eussent pu tenir tête aux troupes françaises, tandis qu'au contraire, disséminés dans une foule de places, ils les perdirent successivement, la perte des plus considérables entraînant celle de toutes les autres. » Cette réflexion, *ajoute l'auteur des Études sur l'artillerie*, vraie au XVe siècle, l'était encore en 1813.

Paris. —Typographie de H V. DE SURCY et Cie, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES.

COUP D'ŒIL SUR LES ÉTUDES

DU PASSÉ ET DE L'AVENIR

DE L'ARTILLERIE

DE

LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE

PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE

Par MARTIN DE BRETTES, Capitaine-Commandant au 3e rég. d'artillerie.

DEUXIÈME ÉPOQUE 1461—1515.

Les Suisses, avec leurs carrés de piques flanquées de leurs arquebusiers, se rient de la cavalerie, et quoiqu'ils répètent qu'ils n'ont dans les batailles d'autre ennemi que le canon, ils croient, ces fiers soldats, pouvoir toujours affronter avec succès une artillerie destinée à devenir la proie de celui qui veut arriver jusqu'à elle.

(L.-N. BONAPARTE, t. I, liv. 1, ch. II.)

§ 1er. *Infanterie.* — *Organisation.* — *Armement.* — *Ordonnance.*

L'institution des francs-archers ne produisit pas les résultats qu'on espérait. Louis XI eut la preuve de son peu d'utilité pendant la guerre du Bien public, qui éclata en 1465. Après la bataille de Montlhéry et le traité de Conflans, le roi songea à réorganiser les francs-archers sur de nouvelles bases, suffisantes pour assurer la discipline, le recrutement, prévenir la désertion.

A cet effet, il partagea la France en quatre grandes

divisions ou commandements militaires, dont chacun devait fournir 4,000 archers. Ce partage du territoire français en quatre grandes divisions militaires, dont deux étaient au nord de la Loire et deux au midi, a servi jusqu'au XVIIIe siècle de base au système défensif et offensif de la France.

Chaque division était sous le commandement d'un *capitaine général*, qui avait un lieutenant chargé de la police militaire, dont le pouvoir allait jusqu'à faire *pendre, par la gorge*, les archers coupables de désertion ou d'absence illégale. Les 4,000 archers, dont le capitaine général tenait un rôle exact, formaient huit compagnies de 500 hommes chacune. Le capitaine général était capitaine immédiat de l'une d'elles, quoiqu'il eût le commandement des 4,000 hommes; chacune des sept autres était commandée par un capitaine.

Cette organisation remarquable, qui date de 1469 (1), en divisant la France en arrondissements de recrutement et rapprochant les capitaines des lieux de séjour des archers, rendait les rassemblements plus prompts, réduisait les désertions et favorisait la discipline. Elle était, malgré ses imperfections, bien supérieure à celle de Charles VII. Cependant l'expérience ne tarda pas à mon-

---

(1) *Histoire de l'ancienne Infanterie française*, t. 1er, par le commandant Susane.

trer qu'elle était insuffisante pour constituer une infanterie sur laquelle on pût compter. On vit, en effet, à la bataille de Guinegattes, en 1479, les archers français se précipiter sur les bagages des Allemands pour les piller, refuser de se rallier pour combattre, et faire perdre la victoire d'abord gagnée par l'armée française.

Après cet acte d'indiscipline, Louis XI, qui n'hésitait pas à prendre les mesures propres à améliorer l'armée, regardée si justement comme l'instrument le plus puissant pour détruire la féodalité et fonder l'unité française, voulut imiter l'organisation des Suisses, dont les victoires successives remportées sur le duc Bourgogne, le plus puissant prince de l'Europe à cette époque, l'avaient profondément frappé.

L'infanterie suisse différait complétement de celle des autres pays de l'Europe. Au lieu d'être une espèce d'infanterie légère sans consistance, elle était organisée et armée de manière à être constituée à la fois pour attaquer et résister au choc. Les Suisses avaient résolu ce problème en formant de gros bataillons carrés, armés de longues piques, semblables aux phalanges macédoniennes et par l'observation stricte de la discipline la plus sévère.

Le patriotisme, la nécessité et l'expérience furent les causes qui conduisirent progressivement les Suisses à cette organisation dont les résultats étonnèrent l'Europe entière.

En 1480, la France était en paix avec l'Angleterre

et l'Allemagne, Louis XI profita de ce moment pour réorganiser son infanterie. Dans ce but, il établit à Pont-de-l'Arche un camp pour exercer ses troupes. Il y rassembla 10,000 hommes de pied et 2,500 pionniers, les meilleurs qu'on pût trouver parmi les archers et les aventuriers; enfin quinze cents lances de ses compagnies d'ordonnance.

En même temps il traita avec les Suisses, qui envoyèrent à Pont-de-l'Arche 6,000 hommes. Les vainqueurs de Grandson, Morat et Nancy, servirent ainsi de modèles et d'instructeurs à l'infanterie française.

L'organisation et l'instruction de l'infanterie française marchèrent rapidement; le terrible monarque vint lui-même au camp faire commencer les exercices sous ses yeux et en suivre les progrès; Tristan l'accompagnait pour mettre à la raison les récalcitrants. Tout se passa selon les désirs du roi, au bout d'un an, l'instruction fut assez complète pour qu'il pût se passer des Suisses, et les renvoyer dans leur pays, royalement payés. Les troupes françaises restèrent dans le camp. En 1483, au moment où le roi sentait sa fin approcher, elles furent envoyées en Picardie pour en occuper les places. De là, cette première infanterie régulière fut désignée sous la dénomination de *bandes de Picardie*. Telle est l'origine de ces bandes célèbres qui ont inscrit tant de fois leur nom glorieux dans les Annales militaires de la France.

Charles VIII et Louis XII conservèrent l'organisa-

tion militaire de Louis XI, et prirent à leur solde de l'infanterie suisse et allemande. Cette dernière, connue sous le nom de *lansquenets*, et organisée d'une manière analogue à l'infanterie suisse, était devenue célèbre depuis qu'elle avait combattu les Turcs en Hongrie, sous Mathias Corvin.

Cependant les francs-archers, quoique délaissés, existaient encore. Les chroniqueurs rapportent que des archers furent tués au siége de Nantes, et Philippe de Commines, dans ses Mémoires, dit qu'en 1495, les francs-archers du Dauphin vinrent rejoindre le duc d'Orléans à Asti; enfin, sous Louis XII, Machiavel parle encore de l'existence de cette milice.

Dans toute l'Europe, on avait suivi l'exemple des Suisses. Les Allemands avaient déjà des bataillons de piquiers. En 1479, à la bataille de Guinegattes les Espagnols les adoptèrent aussi. Un peu plus tard, les Italiens paraissent être les derniers qui ont adopté cette organisation; à la bataille de Fornoue, en 1495, ils étaient encore rangés en ordre très-mince, sur trois rangs, ce qui fit rire beaucoup les Suisses qui étaient dans l'armée française.

Ainsi, au commencement du XVIe siècle, il y avait dans les armées une infanterie légère, composée des milices féodales et des francs-archers, et une infanterie solide, formée de gros bataillons nationaux ou étrangers. La proportion de l'infanterie devenait de plus en plus grande dans les armées. Au camp de Pont-de-l'Arche, sous Louis XI, elle entrait pour

était portée, à la suite de l'armée, sur des chevaux ou des charrettes, et on l'appuyait sur un chevalet ou sur un support quelconque pour la tirer.

On peut considérer les hacquebuttes comme analogues aux fusils de remparts actuels, et comme l'artillerie de montagne de l'époque.

L'ordonnance, au commencement de cette période, toujours mince, se conserva en Italie fort tard. Cependant, depuis les victoires de Grandson, Morat et Nancy, presque toutes les puissances avaient adopté ou imité, pour leur propre infanterie, l'armement, l'ordonnance et la discipline des pauvres montagnards de l'Helvétie.

L'auteur des *Études sur le passé et l'avenir de l'artillerie* donne de précieux renseignements sur l'ordonnance de cette infanterie. En 1476, les bataillons carrés suisses étaient pleins et composés de piquiers, de hallebardiers et de coulevriniers dans des proportions diverses. D'après Philippe de Commines, la proportion de chaque arme aurait été du tiers, et selon Calmet, un corps de 10,000 hommes, à Morat, aurait eu 4,000 coulevriniers, 3,000 piquiers et 3,000 hallebardiers.

Les piquiers, placés aux premiers rangs du carré, appuyaient à terre leurs longues piques, destinées à tenir la cavalerie à distance et à arrêter son choc. Les hallebardiers, armés d'armes plus courtes, étaient dans l'intérieur du carré, prêts à se porter au secours des piquiers, quand la mêlée commençait. Les cou-

levriniers étaient placés en avant et sur les flancs du bataillon, où ils étaient protégés par les piques, pour exécuter leurs feux.

Sous Louis XII, l'emploi des bataillons carrés pleins était dans toute sa vigueur. Cependant leur ordonnance n'était pas absolue, on en modifiait la profondeur selon la nature du terrain sur lequel on devait combattre. D'après Guichardin, elle variait de dix-sept à quatre-vingts files; les carrés avaient sur chaque face les quatre premiers rangs armés de piques, les deux suivants de hallebardes, puis venaient plusieurs rangs de piquiers, enfin le centre était formé de hallebardiers. Les coulevriniers, ou les gens de trait, étaient placés sur les faces du carré.

§ 2. *Cavalerie. — Organisation. — Armement. — Ordonnance.*

La cavalerie, sous Louis XI, Charles VIII et Louis XII, continua de se composer de compagnies d'ordonnances. Le nombre des compagnies varia suivant les circonstances, et on modifia souvent leur effectif, pour multiplier le nombre des capitaines et satisfaire l'ambition des grands seigneurs; l'ordonnance de Louis XII, en 1498, montre en effet qu'il

y avait des compagnies de 100, 60, 50, 30 et 15 hommes d'armes.

La composition de la lance subit aussi quelques changements. Louis XI la réduisit à six hommes, mais elle fut portée par Louis XII à sept dans son ordonnance du 7 juillet 1498.

L'auteur des *Études sur l'Artillerie* donne de curieux renseignements sur la cavalerie du duc de Bourgogne à cette époque. La lance fournie était composée de neuf hommes, dont trois hommes à pied, savoir : un coulevrinier, un arbalétrier et un piquenaire (ordonnance du 31 juillet 1471).

La compagnie était composée de cent lances et commandée par un chevalier appelé *conducteur*. Elle se composait de 400 hommes à cheval et de 300 à pied : ces derniers, réunis ensemble, marchaient sous le commandement d'un chevalier.

La compagnie était partagée en fractions de dix lances, dont le chef, qui en faisait partie, s'appelait *dizainier*. Les hommes à pied de chaque fraction marchaient ensemble ; ils étaient commandés par un homme d'armes, portant sur sa salade, en une banderole, l'enseigne que son dizainier portait sur la cornette de sa lance.

Cette organisation montre que le duc de Bourgogne avait compris les avantages d'une division normale de la compagnie, en parties constantes, dont chacune avait son chef particulier.

La cavalerie allemande, composée généralement d'hommes du peuple, n'avait pas de suivants; chaque homme pansait son cheval. Cette organisation, que Machiavel préfère avec raison, la rendait beaucoup plus mobile et plus propre à former les escadrons pour charger.

La cavalerie conserve les armes défensives pendant la période de 1462 à 1515 que nous examinons.

Les armes offensives sont aussi les mêmes, en général. Cependant l'usage des armes à feu, dans la cavalerie, commençait à se répandre, car, en 1510, les Suisses avaient en Italie cinq cents cavaliers, dont moitié avait des armes à feu (Guichardin, liv. IX).

Les Italiens et les Allemands suivirent cet exemple. Cette innovation dans l'armement de la cavalerie était une conséquence nécessaire de la résistance que les gros bataillons opposaient au choc des chevaux. Il fallait alors, pour pénétrer dans ces carrés, y faire quelques brèches; l'arme à feu, *pistole* ou *pistolet*, en donnait le moyen.

Cependant la cavalerie française ne l'adopta pas encore; elle se contenta de faire précéder ses charges par des décharges de traits; les arbalétriers, ou archers à cheval qui accompagnaient les gendarmes étaient chargés de ce service spécial.

La cavalerie allemande, d'après Machiavel et la chronique de Jean d'Auton (1499) était disposée en escadrons profonds pour charger. Le duc de Bour-

gogne avait adopté cette formation, et, d'après Molinet, rangeait ses escadrons sur vingt-cinq chevaux de profondeur. Ce prince avait grandement perfectionné les manœuvres de cette arme. L'auteur des *Études sur l'Artillerie* donne à ce sujet de curieux détails. La cavalerie française, comme dans la période précédente, chargeait souvent en haie, en s'avançant sur plusieurs lignes qui donnaient les unes après les autres. « En 1500, dit Jean d'Auton, le sire de la Trémoille avait cent hommes d'armes les plus adroits pour donner le premier choc et faire ouverture, et à leur queue mit 400 autres pour supporter les premiers et entrer dedans ses ennemis. » Cette grosse cavalerie, bardée de fer, dont la discipline, conséquence de l'organisation des compagnies d'ordonnance, avait augmenté la puissance, était, dit l'auteur des *Études sur l'Artillerie*, devenue plus dangereuse et produisait des chocs quelquefois irrésistibles; elle le prouva glorieusement à Ravennes, Cerisoles, Marignan, etc. »

§ 3. *Artillerie. — Organisation. — Matériel.*

Sous le règne de Louis XI, vers 1469-1470, le personnel de l'artillerie paraît avoir été l'objet d'un premier essai d'organisation militaire. On sait, en

effet, qu'à cette époque le roi partagea la France en quatre gouvernements, dont chacun avait un corps de 4,000 archers, commandés par un capitaine. Mais en même temps il affecta à chaque corps une bande d'hommes de métier, spécialement chargés du service de l'artillerie. Ce qui tend à donner du poids à cette opinion, c'est qu'après la mort de Jean d'Anxy, grand maître des arbalétriers, cette charge fut supprimée, et on vit quatre maîtres de l'artillerie devenir, au même moment, chefs suprêmes de quatre bandes de gens de pied d'une institution antérieure, dont l'une était surnommée la *bande des bastons* ou petits canons.

Le personnel de l'artillerie de Bourgogne se composait de 200 canonniers et était bien organisée. D'après Olivier de la Marche, l'artillerie était commandée par un chevalier nommé « *maistre de l'artillerie*, lequel avait telle auctorité qu'il devait estre, si bien en son Estat comme le prince. »

Le maître de l'artillerie avait sous ses ordres un *receveur*, pour payer « les officiers, les pouldres, canons, etc.; » un *contrôleur*, qui tenait. « par ordre et par escript, le controlle de toute la dépense faicte et payée de toute la provision de l'artillerie, bastons, flèches, etc.; un *maistre des œuvres*, carpentiers, mareschaux, forgeurs, etc., chargé de faire asseoir les bombardes. »

Un *gentilhomme* pour la conduite de chaque bombarde « et la suite qui est ès-mains du bombardier. »

Enfin un *prévost*, lequel avait « juridiction et autorité de justice sur tous ceux de l'artillerie. »

Sous Charles VIII, le personnel de l'artillerie française reçut une organisation en rapport avec les grands perfectionnements apportés au matériel.

Le service de l'artillerie avait à sa tête un *grand maître*, un *lieutenant du grand maître* et un *contrôleur général*, chargé de vérifier et de contrôler tous les paiemens et dépenses. Mais, tout en centralisant l'administration, on simplifia le service de l'artillerie en créant des subdivisions, c'est-à-dire en réunissant, sous la direction d'un seul chef, un nombre déterminé d'hommes, de chevanx et de voitures. Ces subdivisions de l'artillerie, très-avantageuses pour la célérité et l'exactitude du service, furent nommées *bandes*. L'auteur des *Études sur l'Artillerie* fournit la preuve de cette importante création par le passage suivant des Comptes de l'artillerie de Charles VIII en 1490 : « Fit passer et marcher son armée, du pays de Brabant et de Blast, en Flandre, et y envoya *deux bandes de son artillerie.* »

Chaque bande, comprenant ordinairement de 400 à 1000 chevaux, était commandée par un *commissaire d'artillerie.* (Comptes de l'artillerie de Charles VIII.)

Les emplois inférieurs de l'artillerie comprenaient grand nombre de spécialités, telles que *canonniers ordinaires* et *extraordinaires*, leurs *aydes*, les *bombardiers*, les *boute-feu*, les *chargeurs*, les *dé-*

chargeurs, enfin les *ouvriers des différents métiers*.

Les canonniers ordinaires, entretenus dans certaines villes comme hommes spéciaux, étaient chargés de fondre les canons et monter les affûts. Le passage suivant des Comptes de l'artillerie de Charles VIII en est une preuve : « A Jehan Moreau et Guillaume Ligier, fondeurs et canonniers ordinaires en ladite artillerie, la somme de 125 livres, pour avoir refondu à Paris une grosse coulevrine, deux faulcons, et iceux faulcons avoir muni d'affust. ».

Les canonniers extraordinaires étaient ceux qu'on adjoignait aux canonniers en cas de nécessité.

Quand on voulait faire marcher l'artillerie avec promptitude, on envoyait, dans les principales villes qu'elle devait traverser, un courrier porteur de lettres closes du grand maître, qui ordonnait de tenir prêts les charretiers nécessaires pour conduire d'une ville à une autre les pièces et leurs munitions. (*Comptes de l'artillerie de Charles VIII.*)

« D'après ce qui précède, dit l'auteur des *Études sur l'Artillerie*, en pourra se convaincre que l'artillerie de Charles VIII méritait la haute réputation qu'elle acquit en Europe, et que c'est à cette époque qu'il faut fixer la fondation définitive de notre artillerie. »

Sous Louis XII, d'après Jean d'Auton, écrivant en 1620, il y avait en France un grand maître de l'artillerie, ayant sous ses ordres, comme lieutenants, cinquante commissaires dans les diverses villes du

bre de calibres moyens et les boulets de fer. On avait aussi renoncé aux bombardes et réservé exclusivement les boulets de pierre pour les mortiers.

Les bouches à feu adoptées et mises en usage furent :

Le double canon de	50 liv.
Le canon serpentin de	24
La grosse coulevrine de	16
La coulevrine moyenne de	12
Les faucons de	2 et 1

Toutes ces bouches à feu avaient des tourillons, invention nouvelle d'une grande importance pour le pointage, que l'art des fontes avait permis de réaliser, malgré les grandes difficultés qu'en présentait l'exécution.

Sous Louis XII, les bouches à feu étaient comme sous son prédécesseur; car on lit dans l'histoire qu'en 1502, à Naples, l'armée française « avait quatre canons, deux grosses coulevrines, six moyennes, nommées sacres, et quatorze faucons. » (Jean d'Auton, 1620.) Mais ce n'était plus les mêmes, puisque Charles VIII, à son retour d'Italie, avait donné les canons à la ville de Lyon pour en faire des cloches (1).

Sous Louis XI, les pièces de gros calibre étaient

(1) *Histoire de la conqueste de Naples*, publiée par Gonon.

transportées sur des voitures porte-corps, d'où on les descendait à terre avec une chèvre pour les tirer. Cet ancien mode de transport se prolongea en Allemagne jusqu'au XVIe siècle, car on lit dans une chronique contemporaine, rapportée par l'auteur des *Études sur l'Artillerie* : « L'empereur (Maximilien) avoit six grosses bombardes de fonte qui ne pouvoient tirer sur affust, mais estoient portées chacune sur une charrette, chargée avec engin (chèvre); et quand on vouloit faire quelque batterie, on les descendoit; et quand elles estoient à terre, par le devant on levoit un peu la bouche de la pièce, sous laquelle on mettoit une grosse pièce de bois, et derrière on faisoit un merveilleux taudis, de peur qu'elle ne reculast. Les pièces portoient des boulets de pierre, *car de fonte on ne les eust sceu lever*, et ne *pouvoit tirer que quatre fois le jour au plus.* » (Le loyal Serviteur, 1512.)

Le duc d'Ascoli confirme les assertions déjà prouvées par les citations précédentes, car en 1477 il écrivait qu'on faisait quelquefois les supports en bronze, et que, pour protéger les heurtoirs, on plaçait entre celui-ci et la pièce une rondelle de bronze qui se dévissait. (*Trattato della Militia*, 1477.)

Cependant, à la même époque, les affûts des bouches à feu de petit calibre étaient très-perfectionnés. Ils servaient à la fois au transport de la pièce et au tir, mais n'avaient pas d'avant-train. Le dessin d'un affût, conservé à Berne depuis Granson, montre

qu'il est composé de deux flasques, entre lesquels est placé un petit coffret, preuve des progrès remarquables accomplis déjà dans le matériel d'artillerie. Quoique cet affût vienne de l'armée du duc de Bourgogne, on peut croire que l'artillerie française était alors aussi avancée, car on sait que Louis XI ne négligeait rien pour la rendre puissante.

Les avantages de ces affûts de campagne, quoique très-grands, étaient neutralisés par la difficulté du pointage. Cetté opération très-importante était longue et vicieuse, car le mode d'attacher la pièce sur son affût obligeait, pour donner les degrés, d'enterrer la crosse ou les roues, selon qu'on voulait augmenter ou diminuer l'angle de tir.

Sous Charles VIII, l'adoption de calibres moyens, diminuant le poids et les dimensions des bouches à feu, permit de supprimer les porte-corps et d'employer les affûts pour le transport et le tir. On put alors éviter les manœuvres de force, lentes et pénibles, nécessaires pour mettre en batterie les canons de gros calibre : c'était un avantage précieux à cette époque, où les grosses et petites bouches à feu entraient indistinctement en ligne sur les champs de bataille. En même temps l'invention des tourillons, tout en fixant les pièces sur leurs affûts, d'une manière très-simple, permit de donner les degrés d'inclinaison sans enterrer la crosse ou les roues, ce qui rendit le pointage beaucoup plus rapide

et décupla la vitesse du tir des pièces de gros calibre. « Toutes les pièces, dit Paul Jove, en décrivant l'entrée de Charles VIII en Italie, étaient encastrées entre *deux flasques*, retenues par des chevilles, et elles étaient suspendues au milieu de leur axe par des *tourillons*, afin qu'on pût diriger les coups. Les petits canons avaient deux roues et les plus gros quatre, et celles de derrière pouvaient s'ôter pour accélérer ou retarder la marche, et les maîtres et les charretiers les faisaient courir avec une telle vitesse, que *les chevaux de trait, excités par la voix et les coups, allaient en plaine aussi vite que la cavalerie.* »

Ces affûts étaient construits en bois d'orme, et la nomenclature de leurs parties en fer et en bois, donnée par les *Comptes de l'artillerie de Charles VIII*, diffère peu de celle de l'artillerie sous Henri II et Henri IV.

Ces roues étaient faites comme aujourd'hui, car Machiavel dit qu'elles avaient leurs raies inclinées sur le moyeu, c'est-à-dire une *écuanteur*, et des boîtes de fonte ou de bronze.

Les faucons, considérés plus particulièrement comme pièces de campagne, avaient de petits coffrets, remplis de munitions, placés sur leurs affûts, afin de tirer avec plus de promptitude. Chaque affût était aussi muni de leviers et de coins de mire pour donner les degrés d'élévation; enfin, on emportait des petites chèvres pour graisser les roues (*Comptes de l'artillerie de Charles VIII*). Tous ces détails montrent

à quel degré de perfection l'artillerie française était déjà arrivée, et l'on ne doit plus s'étonner de l'effet produit en Italie dès son apparition.

Sous le règne de Louis XII, le matériel ne reçut pas de modifications notables.

Avant Louis XI et sous son règne, l'artillerie était généralement attelée avec des bœufs; cependant on attelait quelquefois les pièces légères avec des chevaux, c'est ce qui résulte d'un passage du *Traité de la milice* (1477) du duc d'Ascoli, dans lequel il décrit un projet d'organisation d'une armée italienne: « La première (bombarde), tirée *par huit paires de bœufs,* l'autre par *cinq paires;* les quarante-huit autres voitures attelées de *deux ou d'une seule paire de bœufs*, servent à porter les supports, les rondelles de la bombarde, la poudre, les pierres, les ferrures, les traits et toute chose nécessaire, parmi lesquelles quatre soufflets de forge.

« Les deux cents petites charrettes portent deux cents cerbatanes (petits canons), dont cent grosses et cent moyennes. Pour chaque charrette, il faut deux hommes et *deux chevaux attelés l'un devant l'autre;* celui de devant ne sert que de rechange, celui de derrière étant suffisant pour conduire la voiture. »

Le passage de Paul Jove, cité précédemment, prouve que sous Charles VIII, en 1495, l'artillerie française était parfaitement attelée et avec des chevaux. Mais ce monarque avait réalisé depuis longtemps cette amélioration dans ses attelages.

On lit, dans les *Comptes de l'artillerie de Charles VIII*, qu'en 1489 on employa «*trois cent soixante-douze charretiers*, ayant la charge et conduicte de *neuf cent quatre-vingt-onze chevaux*, que le Roy, nostre seigneur, a faict prendre et lever, tant à l'élection de Paris que ailleurs, pour mener et conduire, en pays de Flandre, dix gros canons, quatre grosses couleuvrines, onze moyennes couleuvrines, et dix faucons avec soixante milliers de pouldre, et grant nombre de boullets de fer, de pierre de grez et plusieurs choses nécessaires servant au faict de l'artillerie! » La chronique de Molinet raconte aussi qu'au siége de la ville de Rennes, en 1494, le roi avait tel amas d'artillerie, que 3,000 *chevaux* pouvaient à peine la traîner. »

Ainsi, à partir de Charles VIII, on peut considérer l'artillerie française comme attelée avec des chevaux, tandis qu'à la fin du xve siècle l'artillerie italienne était encore traînée par des bœufs, car Guichardin dit que les Français menaient « telles pièces de canons de bronze sur des charrettes, tirées *non par des bœufs comme en Italie, mais par des chevaux.* »

L'artillerie des puissances étrangères était bien inférieure à celle des Français. Les citations que nous avons faites ne laissent aucun doute pour celle de l'Italie; nous ajouterons, cependant, d'après le célèbre architecte italien Giorgio Martini, vivant à la fin du xve siècle, qu'on faisait usage en Italie de bouches à feu lançant des boulets en pierre de 102

kilos à 5 kilos, et de boulets en fer de 6 kilos, enfin de boulets de plomb de 1 kilo.

L'artillerie allemande était aussi encombrée d'une grande variété de bouches à feu, inconvénient aggravé par leur poids. Ainsi, Maximilien, en 1513, au siége d'Osopo, dans le Frioul, avait des canons lançant des boulets de fer de 50 à 150 livres. Le poids de ces bouches à feu et leurs inconvénients sont parfaitement signalés par le passage suivant de l'histoire de Bayard. L'historiographe s'exprime ainsi sur l'artillerie de Maximilien : « En 1507, un grand défaut estoit quant à l'artillerie, car il n'y avoit équipage que pour la moitié, et quand on marchoit estoit forcé qu'une partie de l'armée demeurast pour la garder, jusqu'à ce que la première bande fust déchargée au camp où on vouloit séjourner, et puys le charroy retournoit quérir l'autre qui estoit grosse furcherie. »

En résumé, au commencement du XVe siècle, l'artillerie française, sous le rapport du personnel, du matériel et des attelages, était bien supérieure à celle des autres puissances de l'Europe.

La quantité d'artillerie que les armées traînaient à leur suite était considérable. L'auteur des *Etudes sur l'Artillerie* donne à ce sujet de précieux renseignements. Ainsi Louis XI à son entrée à Paris, en 1465, était à la tête de 12,000 hommes qu'il amenait de Normandie et du Maine et avait soixante chariots de poudre et d'artillerie. Le duc de Bourgogne, au siége de Neuss, avait 17 bombardes,

10 courtaux, 125 serpentines, 66 serpentines *rondes* et 15 petites serpentines, pesant chacune 4,000 livres, en tout 227 bouches à feu. Les voitures servant au transport des attirails de l'artillerie de Bourgogne étaient considérables, car le duc Charles en employait plus de 2,000. En marchant contre Dinant, en 1466, le charroi occupait une longueur de trois lieues. (*Mémoires* de J. Duclerq.) Cependant malgré ces nombreux équipages, son artillerie manquait quelquefois de munitions.

L'artillerie de Charles VIII était aussi très-nombreuse, mais pas autant que l'ont admis la plupart des écrivains militaires modernes. L'auteur des *Études sur l'Artillerie* éclaircit complétement ce point obscur par une savante discussion, basée sur des citations précises. Le Prince-Président établit qu'elle se composait de 140 grosses pièces, 200 bombardes, et 10,000 haquebutes; mais comme une partie de cette artillerie avait descendu le Rhône pour être embarquée, il fixe le nombre des pièces qui accompagnaient l'armée à 140, ce qui, pour 30,000 hommes, faisait à peu près 5 *bouches à feu* par 1,000.

Sous Louis XII, Philippe de Clèves composait un parc de la manière suivante : 4 doubles courtaux de 80, 12 courtaux de 50, 4 doubles serpentines de 33, 8 moyennes de 12 et 24 faucons de 6. On peut le considérer comme un type sous le rapport de la proportion des divers calibres, mais non comme absolu,

car la force des parcs variait avec celle des armées. La base de 3 ou 4 *pièces par* 1,000 *hommes* était généralement admise. Les exemples suivants ne laisseront aucun doute à cet égard; car en 1499, d'après Jean d'Auton, Louis XII avait 21 pièces d'artillerie pour 400 hommes d'armes, 3,500 Allemands et 1,200 Gascons; en 1502, à Naples, il y avait 26 pièces pour 6,000 chevaux et 3,500 piétons. Enfin Louis XII, en marchant contre Gênes en 1507, avait, d'après Robert de la Mark, 60 bouches à feu pour 20,000 hommes.

§ 4. *Ordre de marche et de campement.*

Sous le règne de Louis XI, la logistique, ou science des marches des armées, avait fait de grands progrès. Un règlement du duc de Bourgogne, qui conduisit alors les plus grosses armées, en est une preuve incontestable. Ce document remarquable, conservé dans la correspondance de Panicharola, ambassadeur du duc de Milan près du duc de Bourgogne en 1476, et rapporté par l'auteur des *Études sur l'artillerie*, s'exprime ainsi :

« L'armée, ou ses divisions, marchera, suivant la nature du pays, sur une, deux ou trois colonnes et toujours les lances en avant; après eux les archers,

et puis l'infanterie. Si le terrain le permet, ils doivent marcher par compagnies déployées, les cent chevaux de front, ou par escadres de cinquante lances, ou par escouades de vingt-cinq, ou par chambrées de six lances par rang. Les archers suivent les lances quand elles sont développées en compagnies, par centuries sur une ligne, ou bien se fractionnant comme elles.

« Si les troupes marchent sur une colonne, on en fait une autre pour le train, à la tête de laquelle marche l'artillerie légère (*minuta artigliera*). Après cette artillerie, viennent les sommiers, qui portent les tentes et les bagages de la cavalerie, puis les voitures de bouche et de munitions.

« La colonne de troupes marche toujours à côté de celle du train du côté de l'ennemi. Si les troupes marchent sur deux colonnes parallèles, celle de troupes marche au milieu; si les colonnes de troupes sont au nombre de trois, on partage le train en deux, afin qu'il marche dans les deux intervalles de ces trois colonnes; l'artillerie légère, divisée en deux, toujours à la tête du train. La grosse artillerie et le gros bagage, réunis en une seule colonne, suivent la septième division. La huitième division marche sur le côté et sert d'escorte à la grosse artillerie. »

Ce règlement remarquable, qui indique des connaissances tactiques très-perfectionnées, sert à l'auteur des *Études sur l'Artillerie* pour réfuter une er-

reur de M. Philippe de Ségur, qui prétend que sous Charles VIII, c'est-à-dire vingt ans après, on ne connaissait encore que les marches processionnelles ou sur une seule colonne.

§ 5. *Ordre de bataille, disposition et effet des différentes armes.*

Sous le règne de Louis XI, les armées étaient encore généralement divisées en trois corps, qu'on plaçait, comme dans la période précédente, les uns derrière les autres.

Cependant les Suisses avaient déjà adopté une ordonnance préférable, qui contribua puissamment aux victoires mémorables de Granson, de Morat et de Nancy. Ils partageaient bien leur armée en trois corps, mais, au lieu de les mettre les uns derrière les autres, ils les plaçaient en échelons; le centre devait, en général, marcher droit à l'ennemi, et les deux autres l'attaquer de flanc ou le tourner.

Cette ordonnance sur trois lignes n'était pas absolue, il arrivait quelquefois que les armées étaient rangées sur un plus grand nombre. Ainsi le duc de Bourgogne, en 1476, ordonna son armée sur huit lignes, à cause du terrain accidenté sur lequel il devait opérer. Dans chaque ligne, l'infanterie était au centre et les hommes d'armes sur les

ailes. Cependant le duc de Bourgogne, instruit par les défaites de Granson et de Morat, voulut imiter l'ordonnance des Suisses. Il décida donc en 1477 que 1,000 hommes d'armes, dont chacun serait suivi de trois archers, de trois piquiers, et de trois coulevriniers, combattraient à pied et que ces 10,000 hommes seraient réunis pour combattre en un seul bataillon. Mais le moment était arrivé où la tactique ne pouvait rendre la confiance à ses troupes, démoralisées par plusieurs défaites; elles furent encore mises en déroute à la bataille de Nancy, où le duc perdit la vie.

A la bataille de Fornoue, en 1495, Charles VIII disposa, d'après l'exemple des Suisses, l'armée française en trois corps formés en carré, et placés à distance l'un de l'autre d'un jet de boule, dit Philippe de Commines. Un bataillon suisse de 13,000 hommes formait l'avant-garde ; l'infanterie italienne était rangée en ordre mince sur trois rangs. Le premier rang était armé de piques, le second de pertuisanes et le troisième d'arbalètes. Cette ordonnance fit rire les Suisses, dit Paul Jove, qui culbutèrent en un clin d'œil l'infanterie ennemie. La cavalerie italienne combattit mieux, et eût pu compromettre la victoire, si elle ne s'était trop occupée à piller les bagages des Français.

Quoique sous Louis XII l'ancien ordre de bataille fût encore en usage, cependant l'ordonnance de bataille des Suisses commençait à prévaloir, c'est-à-

dire qu'on disposait en échelons les trois divisions appelées *avant-garde*, *bataille* et *arrière-garde*. Cet ordre fut pris par l'armée française à la bataille de Cérignole en 1502. Les trois divisions étaient, dit Paul Jove, rangées en échelons, affectant la forme des trois derniers doigts de la main. On commençait même à disposer les armées sur une seule ligne, car à cette bataille l'armée italienne était ainsi rangée. Cette disposition avait le grave inconvénient d'exposer toutes les troupes à la fois. On sentait bien cependant l'avantage d'une réserve, car Philippe de Clèves écrivait : « Je serais d'opinion que la tierce (bataille) demourast quoy jusqu'à qu'ils vissent que vous eussiez quelque peu dû faire; car alors pourrait marcher et donner dedans, et me semble qu'ils en auraient bon marché (des ennemis). »

Sous Louis XI, l'artillerie était généralement disposée en avant du front, but ordinaire des attaques. Le duc de Bourgogne adopta cette disposition dans ses campagnes contre les Suisses, mais elle fut toujours inefficace, car à Granson, à Morat et à Nancy, il fut attaqué par les flancs.

Les Suisses plaçaient ordinairement leur artillerie, peu nombreuse et légère, sur le flanc de leurs gros bataillons, afin qu'elle gênât moins leur marche en avant : c'est cette disposition qu'ils adoptèrent dans leurs batailles contre le duc de Bourgogne, pendant les guerres de 476 et 477.

Sous Charles VIII, à la bataille de Saint-Aubin-le-Cormier, livrée par le roi au duc de Bretagne en 1488, l'artillerie française prit une disposition nouvelle, qui produisit des effets remarquables. Elle fut placée sur les ailes de manière à battre d'écharpe l'ennemi, dont elle fit un très-grand carnage. Chaumont, en 1507, fit une nouvelle application de cette disposition contre les Génois, qui étaient fortement établis sur une colline, appelée *il Promontorio*, pour arrêter la marche de Louis XII sur Gênes. Ainsi les généraux commençaient à sentir l'importance de placer l'artillerie sur les ailes pour prendre l'ennemi d'écharpe. Mais la crainte de compromettre les canons faisait préférer l'ancienne disposition sur le front des troupes. L'artillerie était encore suivie à la bataille de Ravennes en 1512, car l'historiographe de Bayard dit, en parlant des trois corps de l'armée française, que « tous ensemble iraient parquer à la portée d'un canon des ennemys et *devant eux serait mise l'artillerie*, et puis à coups de canon les ungs contre les autres à qui le premier sortirait de son fort. »

« Ces paroles, dit l'auteur des *Études sur l'Artillerie*, prouvent mieux que nous ne pourrions le faire la manière de combattre à cette époque et le rôle que l'artillerie était appelée à jouer. »

La difficulté de placer l'artillerie de manière à produire de grands effets sans l'exposer à tomber entre les mains de l'ennemi, à cause de son peu de

mobilité et du peu de secours qu'elle avait à attendre des troupes peu manœuvrières, engageait les généraux à placer leurs canons entre les bataillons, comme les Suisses, surtout quand la cavalerie était peu nombreuse; dans le cas contraire, comme l'artillerie gênait les charges de la gendarmerie, on plaçait les canons sur le front de l'infanterie.

§ 6. *Emploi et effet des trois armes, tactique, stratégie.*

Pendant le cours de cette période, la longue pique détrône l'arc souverain depuis plus d'un siècle et devient, à son tour, la *reine des armes*.

Dans les batailles, les troupes légères, archers et coulevriniers, commençaient l'action par des engagements de tirailleurs, puis les gros bataillons, hérissés de piques, renversaient partout l'infanterie, disposée selon l'ancienne ordonnance.

La cavalerie essayait en vain d'arrêter ces phalanges victorieuses. Elle était mise en désordre par le terrain, décimée par les balles des coulevriniers, et venait ainsi affaiblie, se heurter vainement contre les piques qui hérissaient les bataillons d'infanterie. Il fallut lui ouvrir, dans ces bataillons massifs, une brèche

par laquelle elle pût pénétrer au milieu de ces masses, pour y mettre le désordre et les désagréger. Pour y parvenir, la cavalerie eut recours aux armes de jet, et adopta la haquebute, la pistole ou pistolet.

Contre cette infanterie redoutable, que rien ne pouvait arrêter, le canon seul aurait été efficace. Mais la lenteur du tir et la disposition généralement adoptée pour placer les bouches à feu rendaient seulement dangereuse la première salve. Les Suisses le savaient : aussi étaient-ils résolus à essuyer la première décharge et à courir ensuite droit sur les canons pour s'en emparer avant qu'ils en fissent une seconde. Cette tactique, qui leur réussit si bien contre le duc de Bourgogne à Granson, à Morat et à Nancy, fut dès lors presque toujours mise par eux en usage.

Mais quand l'artillerie, sous Charles VIII et Louis XII, eut acquis plus de mobilité et que l'invention des tourillons eut permis de la mettre promptement en batterie et d'accélérer la vitesse du tir, il n'en fut plus ainsi ; les Suisses adoptèrent alors une autre tactique ; ils ne firent plus marcher immédiatement contre les bouches à feu leurs gros bataillons, qui auraient été exposés à de trop grands ravages, mais ils employèrent, pour accomplir cet acte audacieux, des hommes d'élite, appelés *enfants perdus*, dispersés en tirailleurs, afin d'offrir moins de prise au canon. La bataille de Novare, en 1513, où les Suisses combattirent contre les Français, en

fournit un exemple. Ils commencèrent le combat avec les enfants perdus, qu'ils lancèrent contre l'aile gauche des Français, défendue par 22 pièces de canon; mais ils furent repoussés par la gendarmerie française. Alors les gros bataillons avancèrent malgré le feu et s'emparèrent de l'artillerie des Français, après avoir dispersé les lansquenets chargés de la garder.

Ainsi, à cette époque, rien ne pouvait résister aux gros bataillons hérissés de longues piques; l'artillerie même, qui seule aurait pu les détruire, tombait en leur pouvoir par suite du peu de mobilité des gros calibres, de l'absence d'une protection suffisante et des dispositions, souvent vicieuses, qui paralysaient ses effets.

Mais, dans les opérations secondaires, l'artillerie rendait toujours de très-grands services. Elle fut employée avantageusement par les Génois pour défendre la position qu'ils occupaient en avant de Gênes en 1507, et par les Français pour défendre, en 1503, le pont du Garigliano contre les Espagnols.

Les victoires des Suisses avaient, dès le commencement de cette période, montré qu'une infanterie convenablement armée et formée pouvait résister à la cavalerie, et que l'ordonnance en gros bataillons pleins et hérissés de longues piques suffisait pour atteindre ce but. L'infanterie fut dès lors réhabilitée dans l'opinion, même honorée et devint la principale force des armées. L'extrait suivant d'une ordon-

nance de Charles VIII en 1445, relative à la levée des troupes, l'atteste: « Attendu que gens de cheval ne peuvent facilement faire grand exploit sans gens de pied, etc. » Les guerriers illustres regardèrent alors comme un honneur de combattre à la tête de l'infanterie. Bayard, par exemple, à qui Louis XII voulait donner le commandement d'un bataillon de 1,000 hommes, regardait comme un très-grand honneur d'en commander 500 : « Sire, disait-il avec modestie, c'est beaucoup pour mon sçavoir, vous suppliant que j'en aye 500; et si me semble que pour une personne seule, c'est bien grosse charge quand il veult faire son debvoir. »

Cette organisation de l'infanterie eut une autre conséquence importante sur la formation des armées. Les bataillons d'hommes d'armes à pied devinrent bien inférieurs à ceux d'infanterie, et, par conséquent, inutiles; alors la gendarmerie remonta à cheval pour combattre. Mais la cavalerie, venant se briser contre les bataillons protégés par les piques, sentit, comme nous l'avons déjà dit, la nécessité d'y faire brèche avant de charger et d'adopter une arme de jet.

L'infanterie résistait en général à la cavalerie. Cependant les gros bataillons furent quelquefois enfoncés par l'impétuosité des charges de la gendarmerie. En 1501, 25 hommes d'armes français renversèrent 100 Suisses, et à Ravennes, en 1512, la gendarmerie française enfonça l'infanterie espagnole et

contribua puissamment à fixer la victoire sous les drapeaux de Louis XII.

L'artillerie, qui avait reçu de grands perfectionnements dans son matériel, son organisation et son personnel, aurait pu combattre avec avantage contre les gros bataillons d'infanterie; mais la disposition vicieuse généralement adoptée pour l'emploi de cette arme empêchait d'en obtenir des effets décisifs. Elle tirait généralement au commencement des batailles, puis cessait son feu et se retirait en arrière aussitôt que les troupes s'ébranlaient : de là le peu de cas qu'en faisait Machiavel.

On peut donc dire que pendant la période de 1463-1515, rien ne résistait aux gros bataillons et que la souveraineté de la longue pique était reconnue.

L'ancien usage d'ordonner les armées en trois corps placés l'un derrière l'autre disparaissait graduellement pour faire place à l'ordre en échelons, adopté par les Suisses. L'ordre en échelons dégénéra même quelquefois en une seule ligne, tel était l'ordre de l'armée italienne à Cérignole en 1503; mais cette disposition, n'était pas approuvée, car Philippe de Clèves signalait déjà l'avantage de conserver une *réserve* pour décider la victoire.

L'idée d'une réserve, destinée à tomber sur l'ennemi ébranlé par les premières troupes engagées, mérite d'être remarquée.

La guerre de position était à cette époque presque générale. Les armées se retranchaient en profitant

habilement de la disposition du terrain et attendaient l'ennemi dans leurs retranchements, défendus par l'artillerie. Celui-ci approchait à portée de canon, précédé de son artillerie, se fortifiait autant que le terrain le permettait, cherchait, au moyen du feu de ses canons, à obliger son adversaire de quitter sa position avantageuse, et tombait sur lui en profitant de son désordre. L'ennemi, de son côté, canonnait aussi les assaillants dans le même but : chacun des deux adversaires, en un mot, cherchait à déloger l'autre et à profiter du désordre inévitable qui accompagnait ses mouvements.

Cette tactique de batailles, analogue à celle des siéges, est mise en évidence par un passage de l'historiographe de Bayard, relatif à la bataille de Ravennes, qui est rapporté par l'auteur des *Etudes sur l'Artillerie*.

« Il avoit esté entendu, dit-il, par tout plein de prisonniers, que les Espagnols ne feroient qu'une troppe de tous leurs gens de pied et deux de leurs gens de cheval, que sur cela se falloit ranger; ce qui fut faict de cette sorte : c'est que les lansquenets, les gens de pied, jusqu'au nombre de 10,000, marcheroient tous en une flotte et les 2,000 Gascons... à leurs costés; *lesquels tous ensemble iroient eulx parquer à la portée d'ung canon des ennemys, et devant eulx serait mise l'artillerie, et puis, à coups de canon, les ungs contre les autres à qui le presmier sortiroit de son fort.* »

L'expédition de Charles VIII en Italie vers la fin du xve siècle signale la renaissance de la stratégie et son prompt développement. Nous avons vu qu'au siècle précédent le duc de Bourgogne allait à Saint-Omer, croyant aller à Calais, tandis que Charles VIII passe les Alpes, les Apennins et conduit une armée à Naples en parcourant toute l'Italie. Cette expédition n'était pas conçue imprudemment et conduite sans calcul, comme quelques historiens l'ont prétendu; au contraire, tout y dénote l'exécution d'un plan stratégique parfaitement conçu. C'est ce que prouve l'auteur des *Études sur l'Artillerie*, dans une lumineuse discussion.

On voit en effet Charles, avant d'entreprendre son expédition, s'assurer le concours de la duchesse de Gênes, de la Savoie, de Ludovic Sforce, presque duc de Milan, du duc de Ferrare, de la neutralité de Venise et de Florence, enfin conclure des traités de paix avec l'Angleterre, l'Espagne et l'Allemagne, afin de n'être pas inquiété dans son expédition.

Il étudie le terrain, sait que toutes les populations d'Italie l'appellent et l'accueilleront avec sympathie. Ainsi les difficultés politiques, dont il faut tenir grand compte dans un plan de guerre, étaient prudemment surmontées.

Les opérations militaires n'étaient pas moins bien combinées. En effet, le roi rassembla l'armée d'invasion à Lyon et une flotte à Gênes pour la ravitailler. A mesure qu'il marchait vers Naples, il prit ou il se fit cé-

der les forteresses qui commandaient les passages importants et y laissa des garnisons, de manière que sa ligne d'opération était toujours assurée jusqu'à sa base. En outre, pour rester en communication avec sa flotte à mesure qu'il avançait, il occupa de gré ou de force tous les points de la côte de Gênes à Gaëte.

Toutes ces dispositions indiquent, on ne peut le nier, un plan habilement conçu, bien exécuté, et non une expédition dont la conduite était livrée au hasard.

QUELQUES IDÉES

CONCERNANT

UNE MÉTHODE D'EXPÉRIMENTATION

POUR ARRIVER A LA DÉTERMINATION DU MAXIMUM DE TENSION DES GAZ DE LA POUDRE DANS LES BOUCHES A FEU EN UN POINT QUELCONQUE DE LA LONGUEUR DE L'AME.

La détermination expérimentale de la tension des gaz de la poudre dans les bouches à feu de toute espèce et de tout calibre, en chaque point de la longueur de l'âme, quelles que soient la nature et la quantité de la poudre composant la charge, le mode de chargement, la forme et le poids du projectile, la longueur de l'âme, la grandeur du vent, le diamètre de la lumière, etc, cette détermination, disons-nous, constitue évidemment un problème des plus importants dont la solution répandrait tout à coup une très-grande lumière sur une multitude de questions d'artillerie qui n'ont été tranchées jusqu'ici que d'une manière empirique plus ou moins approchée, et attendent par conséquent encore une solution vraiment rationnelle.

Amené tout récemment à s'occuper de cette question à l'occasion d'un petit mémoire adressé en haut lieu sur les meilleures formes à donner aux bouches à feu, et notamment sur leurs épaisseurs, leur profil, leur longueur d'âme, l'auteur de cette note a conçu un système d'expérimentation qui lui paraît propre à conduire au but indiqué, et dans cette persuasion il le livre avec confiance à la méditation des penseurs de l'artillerie, dans l'espoir qu'au sortir de leurs mains, il pourra mériter de fixer l'attention du comité central de l'arme.

Le vœu de l'auteur ferait qu'alors les expériences dont il s'agit fussent confiées à une commission analogue par le choix de ses membres à celle qui, sous le nom de *Commission des principes du tir*, a répandu dans ces derniers temps un si beau lustre sur l'artillerie française. Cette nouvelle commission, dont la mission spéciale serait d'établir les *principes de construction des bouches à feu*, pourrait être chargée, en outre, de vérifier ceux de leur fabrication, dont l'auteur de la présente note croit avoir posé les véritables bases dans plusieurs mémoires actuellement soumis à l'examen du comité. Dans son intime conviction, le double problème de la construction et de la fabrication des bouches à feu, ainsi étudié, recevrait enfin très-prochainement, au grand honneur de la France, sa solution la plus complète.

Pour donner de suite une idée du genre d'expérimentation dont il vient d'être parlé, en ce qui con-

cerne la mesure de la tension des gaz de la poudre dans les bouches à feu, concevons qu'en un point quelconque de la longueur de l'âme, on ait percé normalement à la paroi de cette âme une ouverture cylindrique d'un diamètre déterminé, dont la grandeur serait réglée d'après des conditions qui seront examinées plus loin ; qu'on ait ensuite rempli exactement cette ouverture avec un cylindre plein des mêmes dimensions qu'elle, construit en excellent acier modérément trempé, pouvant s'y mouvoir à frottement très-doux, à la manière d'un piston, moyennant un corps gras dont on lubréfierait les surfaces en contact ; qu'on fasse ensuite exercer sur l'extrémité extérieure de ce cylindre ou piston terminé par une tête s'appuyant très-jointivement à la pièce, par l'intermédiare d'une pièce de cuir gras, une pression très-peu inférieure à celle que les gaz de la poudre exercent sur lui de dedans en dehors au moment du tir ; enfin que cette pression extérieure soit de nature à augmenter d'elle-même et suivant une loi connue quand la pression intérieure viendrait à s'exercer, de telle sorte qu'elle suffit toujours à équilibrer cette force intérieure sans que le piston sortît entièrement de son logement ou qu'il y eût perte de gaz, et que, de plus, elle pût toujours être exactement mesurée, n'est il pas vrai qu'alors, à l'instant du tir, le piston serait un peu refoulé en dehors jusqu'à ce que l'équilibre dont on vient de parler se fût établi, et que par là toute la question de la détermination de la pression

intérieure, causée par les gaz de la poudre, serait ramenée à la mesure exacte de la force extérieure qui lui aurait fait équilibre par l'intermédiaire du piston. Or, telle est précisément la base de notre système d'expérimentation et nous aurons achevé d'en donner une idée sommaire, si, à ce que nous venons de dire, nous ajoutons que dans ce système les ouvertures percées dans les pièces le seraient sur le côté, et que la pression extérieure exercée sur le piston le serait, dans le cas du tir horizontal, par une partie du poids d'une nouvelle espèce de pendule balistique, dépendante de la quantité dont ce pendule aurait été écarté de sa position de repos à l'état libre, tandis que dans le cas du tir incliné, elle le serait à l'aide d'une espèce de dynamomètre à ressort, pouvant d'ailleurs aussi être employé dans le premier cas, concurremment avec le pendule.

Nous allons maintenant entrer dans les détails propres à faire mieux juger de la valeur réelle de cette méthode en décrivant successivement les dispositions que nous croyons devoir recommander pour son succès :

1° En ce qui regarde les bouches à feu ;

2° En ce qui regarde le pendule ;

3° En ce qui regarde l'installation des pièces devant le pendule ;

4° En ce qui regarde la détermination des diamètres et des emplacements des ouvertures à percer dans les bouches à feu ;

5° Enfin en ce qui regarde le dynamomètre.

Disons toutefois, avant d'entrer en matière, que l'idée d'employer un dynamomètre à ressort à ces expériences ne nous étant venue qu'après celle d'y employer un pendule, et lorsque déjà nous avions donné à l'étude de cette dernière tout le temps que les devoirs de notre position nous permettaient d'y consacrer présentement, nous n'avons pu déposer dans cet écrit que le germe de la construction de l'appareil dynamométrique à employer. Nous le regrettons sincèrement, parce que l'emploi du dynamomètre (si tant est qu'on pût se fier pendant le temps suffisant à la justesse des indications d'un tel d'instrument), aurait, vu son adhérence à la pièce dont il suivrait les mouvements, le double avantage de se prêter sans difficulté aux expériences du tir incliné et de rendre les résultats que l'on obtiendrait tout à fait indépendants des reculs que les pièces peuvent éprouver, reculs que l'on pourrait même empêcher complétement dans ce cas, sans qu'il en résultât aucun inconvénient.

Disons encore qu'outre l'emploi d'un pendule et celui d'un dynamomètre à ressort, nous avons aussi songé à faire usage, pour la mesure de la force de la poudre dans les bouches à feu, d'un poids convenable placé sur un piston remplissant une ouverture percée dans la partie supérieure des pièces, à la manière dont Rumfort a appliqué autrefois cette même idée à la mesure de la force de la poudre dans de petites éprou-

vettes. Quoique cette dernière méthode nous ait paru susceptible de conduire au but, puisqu'il est clair qu'il serait atteint, pour une ouverture donnée, lorsqu'on aurait trouvé par une suite de tâtonnements le poids qui ferait juste équilibre à la force à mesurer, nous n'avons pas cependant donné à son examen toute la suite qu'elle mériterait peut-être, parce qu'il nous a semblé que celle que nous allons décrire, et qui se fonde sur l'emploi d'ouvertures latérales, conduirait plus rapidement, plus commodément et plus sûrement à ce but. Nous dirons seulement de la première que le poids posé sur l'ouverture devait, dans notre pensée, être tenu verticalement sur la tête du piston par l'intermédiaire d'une bascule munie d'un contre-poids convenable, destiné à assurer la verticalité, ainsi qu'à faciliter l'exacte appréciation du poids comprimant. On aurait commencé par un poids manifestement trop fort, qu'on aurait ensuite diminué graduellement, de manière à éviter toute chance de soulèvement trop violent, capable de disloquer l'appareil.

Cela dit, entrons dans les détails que nous avons annoncés.

I.

Des bouches à feu destinées aux expériences.

Les bouches à feu destinées aux expériences qui font l'objet de cette note devraient être coulées exprès, avec des épaisseurs plus grandes que celles qu'ont

les bouches à feu correspondantes, employées au service ordinaire, non-seulement afin de pouvoir y percer impunément un assez grand nombre des trous dont on a parlé, mais encore pour que ces trous, par cela même qu'ils auraient plus de profondeur, retinssent mieux le piston qui les remplirait, en prévinssent mieux la sortie accidentelle et la perte de gaz qui en serait la conséquence.

Guidé par ces premières considérations, et par d'autres que nous indiquerons tout à l'heure, nous proposerions de donner à ces bouches à feu spéciales la forme d'un prisme carré dont le côté de la base aurait :

0^m,46 pour les canons de 24, 16, et 12 long, ce qui donnerait respectivement 154, 163 et 169 millimètres pour la profondeur des trous à y percer ;

0^m,35 pour les canons et les obusiers de campagne ce qui, etc., etc...

De plus, nous ne leur donnerions ni anses ni tourillons; mais elles seraient munies d'un bouton de culasse percé à jour dans deux sens rectangulaires, afin de suppléer à l'absence des anses dans les manœuvres de chèvres, conjointement avec un tampon de bois inséré dans la bouche, au moment du besoin, et saillant au dehors pour pouvoir y adapter un cordage.

Les avantages qui résulteraient de cette forme des bouches à feu sont les suivants :

1° Elles auraient un poids très-considérable (environ 5,500 kilogrammes pour celles destinées aux expériences sur les canons de siége et de 12 long), ce qui en réduirait les reculs presqu'à rien, et permettrait pour le moins de négliger en toute sécurité celui qui aurait lieu dans le sens de la longueur pendant la durée insaisissable du mouvement du projectile dans l'âme. On serait donc toujours certain que les dispositions prises pour communiquer l'impulsion latérale de la poudre au pendule dans les conditions désirables auraient leur plein effet. On serait certain, en outre, que, si l'on n'avait pas réussi dans quelques coups à prévenir toute fuite de gaz par l'ouverture remplie par le piston, le petit recul latéral de la pièce qui en proviendrait serait sans inconvénient grave, pour peu que l'on eût pris des dispositions propres à ramener aisément dans ces cas la pièce à la position qu'elle doit avoir à chaque coup.

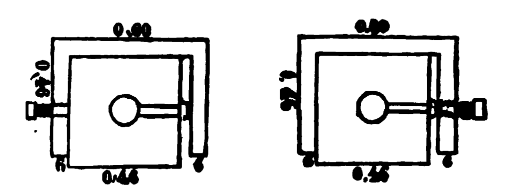
2° L'absence de toute partie saillante et de tout renflement à la surface extérieure de ces pièces, rendrait facile, nonobstant le surcroît d'épaisseur qu'elles auraient, de les fabriquer dans les conditions propres à conserver au bronze dont elles seraient faites l'intégrité de ses propriétés normales, parce qu'il serait possible alors de les couler dans des moules de fonte de fer, d'épaisseurs convenables allant en décroissant de bas en haut. Ces pièces jouiraient donc, et comme plus épaisses et comme composées d'un meilleur métal que nos pièces actuelles, d'une résistance incompa-

rablement supérieure à celle de celles-ci, à calibre égal; et l'on est convaincu qu'il deviendrait possible d'y multiplier assez les ouvertures à y percer, même en leur donnant d'assez grands diamètres vers la fin de la volée, pour qu'une seule pièce pût suffire à étudier à fond plusieurs des questions indiquées au commencement de cette note.

3° C'est à quoi servirait surtout la forme prismatique proposée, ainsi que l'absence des anses et des tourillons. En effet, quand on aurait achevé une série d'expériences sur l'une des quatres faces de la bouche à feu, on pourrait, en retournant celle-ci sur cette face, en recommencer une seconde série sur une face nouvelle, puis une 3ᵉ série sur une troisième face, et une 4° sur la quatrième face.

Il est superflu, sans doute, de faire observer qu'avant de passer à des expériences sur la force des gaz de la poudre en un nouveau point de la longueur de l'âme, et pour cela d'y percer un nouveau trou, il faudrait boucher exactement et très-solidement le trou précédent. Mais il ne paraît pas inutile de dire un mot sur deux manières différentes que l'on pourrait employer à boucher ces trous. On peut en effet le faire au moyen de grains vissés en cuivre dans les grands trous, en fer ou en acier dans les petits; mais on pourrait aussi se borner, tant qu'on n'aurait pas complété la série des expériences à faire sur une même face de la bouche à feu, à remplir exactement les trous avec les pistons qui y auraient servi ou avec

des cylindres en cuivre tout à fait semblables, maintenus en place à l'aide d'une forte presse à vis construite en fer et disposée comme cela est exprimé dans l'une ou l'autre des deux figures ci-dessous. Par



là, on se réserverait la possibilité de recommencer, au besoin, des expériences déjà faites sur une ouverture, par exemple, lorsqu'après avoir étudié une question pour un certain vent ou pour un certain calibre, on voudrait l'étudier encore pour le cas d'un plus grand vent ou d'un calibre supérieur, etc.

4° Enfin un dernier avantage qui résulterait de la forme spéciale proposée pour les bouches à feu consacrées aux expériences, ce serait d'en faciliter l'installation uniforme pour toutes, quel qu'en fût le calibre, dans le cas du tir horizontal, au moyen d'un système d'affût dont nous parlerons plus loin.

En proposant de couler dans des moules de fonte de fer les bouches à feu dont nous venons de décrire la forme et les avantages spéciaux pour nos expériences, nous n'avons pas été mus uniquement par

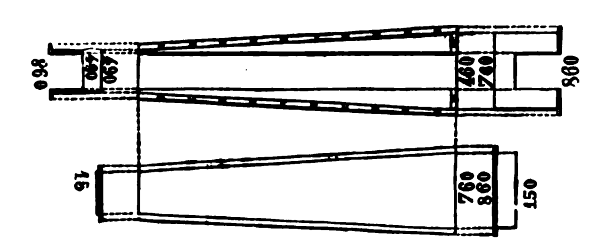
la pensée d'en améliorer la fabrication; nous avons eu aussi en vue l'économie qui en résulterait, pour peu que l'on donnât d'étendue aux expériences, et que l'on jugeât ensuite à propos de mettre au moins une de ces bouches à feu à la disposition des Écoles où il y aurait un pendule balistique, en vue de la faire servir à l'instruction des jeunes officiers. En effet, par suite de l'uniformité des dimensions transversales extérieures, données aux pièces ayant à peu de chose près les mêmes longueurs, on pourrait n'employer qu'un seul moule pour chacun des groupes de pièces que l'on aurait ainsi, par exemple un pour les canons de siége et de place, un pour les canons et les obusiers de campagne, un pour le mortier et l'obusier de 22 centimètres, etc.

Ces considérations nous déterminent à ajouter ici quelques explications sur la construction de ces moules en fonte, en nous restreignant toutefois, pour abréger, à celui qui serait destiné aux canons de 24, 16 et 12 long. Ce moule se composerait de deux parties: 1° Le moule de corps de pièce, masselotte comprise; 2° le moule de bouton de culasse. Le moule de corps de pièce aurait de longueur celle du canon de 24, augmentée de 3 décimètres, quantité plus que suffisante pour être sûr qu'après la coupe de ces trois décimètres excédants, la pièce ne renfermerait aucun des défauts qui peuvent déparer la partie supérieure des objets coulés. Lorsque, dans le même moule, on coulerait un canon de 16, ou

de 12 long, on arrêterait l'entrée du métal à hauteur de 3 décimètres au-dessus de la longueur que ces pièces devraient avoir étant finies; opération très-facile à régulariser au moyen d'une jauge introduite dans le moule au moment de la coulée. A l'égard des épaisseurs variables à donner à ce moule, nous croyons qu'en coulant à la température du rouge cerise, on pourrait les déterminer par la condition d'être de 150 millimètres dans le bas et de 15 millimètres dans le haut. Toutefois, le mieux serait de faire à cet égard des essais préalables sur une moindre échelle, afin de mieux fixer les deux limites que l'on vient d'indiquer, limites dont la supérieure, correspondante à la culasse, ne devrait pas aller jusqu'à rendre confuse, à force d'être brusquée, la cristallisation du bronze coulé. Si l'on voulait couler plus chaud que le rouge cerise, on augmenterait les épaisseurs indiquées pour cette température, toujours sauf vérification expérimentale préalable de ces indications.

Le corps du moule serait formée de deux pièces assemblées entre elles pour la coulée et qu'on séparerait, s'il était nécessaire, pour retirer la bouche à feu refroidie. Dans tous les cas, on les séparerait pour pouvoir commodément enduire la paroi du moule, avant la coulée, de quelque ponsif convenable, et surtout de bien boucher les petites cavités qui pourraient s'y trouver, et dans lesquelles le bronze en s'y introduisant trouverait des points d'arrêt qui gêneraient le retrait des pièces.

On pourrait donner à l'une de ces deux parties, au moule, la forme d'un auget rectangulaire, dont les trois parois intérieures répondraient à trois des faces de la bouche à feu ; l'autre consisterait alors

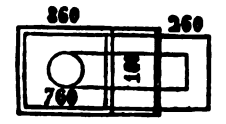


en une simple plaque de fonte de fer, d'épaisseur variable comme chacune des parois de l'auget, conformément à ce qui a été dit plus haut.

Des rebords longitudinaux, percés de trous pour le passage des boulons, serviraient à l'assemblage de ces deux pièces; il y aurait en outre un rebord transversal, semblable sur chacune des trois parois de l'auget et sur la plaque au bout correspondant à la culasse, pour l'assemblage de corps du moule avec le moule du bouton de culasse.

Ce dernier moule qui, avec le précédent, compléterait le moule de la bouche à feu, consisterait tout simplement en une masse de fonte de fer, de forme carrée, munie d'un rebord à sa partie supé-

rieure, pour l'assemblage avec le corps du moule, et creusée en son milieu d'une cavité cylindrique de 160 millimètres de profondeur et de diamètre, destinée à former le bouton de culasse, lequel serait ultérieurement percé à jour dans deux sens rectangulaires. L'épaisseur de cette masse de fonte, formant la base du moule complet, pourrait être de 260 millimètres.



Comme il serait fort à désirer que l'on fît quelques expériences préliminaires dans la voie indiquée pour la mesure de la tension des gaz de la poudre dans les bouches à feu, afin de constater d'abord la possibilité d'entrer plus avant dans cette voie de recherches, et en même temps parce qu'elles fourniraient des données pour l'adoption définitive des mesures à prendre dans l'exécution des expériences ultérieures, on utiliserait pour ces expériences préliminaires des bouches à feu actuelles, reconnues défectueuses ou hors de service. Seulement alors, pour le faire avec plus de sécurité et de commodité, on ceindrait ces pièces, aux endroits destinés à être percés, avec de forts cercles de fer bien serrés à l'aide de vis de

rappel ou de boulons à écrous. Les trous de piston percés à travers l'épaisseur de ces cercles auraient dès lors la profondeur nécessaire pour bien soutenir et guider les pistons dans les petits mouvements qu'ils seraient dans le cas d'éprouver.

II.

Disposition à donner au pendule balistique.

Nous considérerons successivement, dans notre nouvelle espèce de pendule balistique, sa forme, son poids, la hauteur de son axe d'oscillation au-dessus du sol, la forme des piliers de support, son emplacement, la construction de la baraque de recouvrement.

Forme du pendule.

La meilleure forme à donner à la masse suspendue qui constituerait la partie principale du pendule, ne serait plus, comme dans les pendules balistiques actuels, celle d'un gros canon dit *récepteur*, à cause de sa destination de recevoir dans son âme les boulets qu'on y lance; elle pourrait et devrait être massive, afin que son volume fût moindre, toutes choses égales d'ailleurs, et il conviendrait en même temps

de lui affecter une dénomination nouvelle ; nous emploierons dans la suite de ce mémoire celle de *contraigneur*, qui exprime l'application qu'on en fait à contraindre, à emprisonner le piston dans son logement.

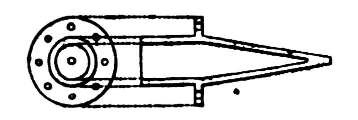
En second lieu, cette masse devrait être plus allongée qu'elle ne l'est aujourd'hui, dans le sens des mouvements qu'elle peut prendre, afin de pouvoir arriver jusqu'à la pièce qu'on serait toujours dans l'obligation de tenir tout à fait en dehors des piliers de support, pour que ni son recul, ni son souffle dans le tir ne pussent les endommager.

En un mot, nous exprimerons notre pensée sur la meilleure forme à donner à cette masse, en disant qu'elle devrait, autant que possible, se rapprocher de celle du corps d'un grand poisson à museau allongé, ou de celle d'un gros corps d'arbre terminé de part et d'autre en pointes tronquées. Il va sans dire que la ligne joignant les pointes ou extrémités de la tête et de la queue (ligne suivant laquelle l'impulsion serait communiquée au pendule) devrait se confondre avec l'axe d'oscillation de ce pendule.

La fonte de fer serait probablement la matière la mieux appropriée à la construction de ce *contraigneur*, à cause de son bon marché, de son grand poids spécifique, de son insensibilité relative aux petites variations incessantes de l'atmosphère, etc. Toutefois, selon les lieux et autres circonstances, on pourrait y employer le bois, associé à d'autres ma-

tériaux, tels que des métaux, des pierres, des briques; dans une fonderie de canons de bronze ou de fer, on pourrait y employer une bouche à feu longue, à l'état brut, encore munie de sa masselotte; enfin, dans les établissements où il existe déjà des pendules balistiques, on pourrait transformer momentanément les récepteurs en un corps de forme approchant de celle qu'on a décrite par l'insertion dans leur âme, dégarnie de son chargement, d'une pièce allongée en pointe en dehors, et l'addition en arrière d'un contre-poids convenable à cette partie antérieure, de telle sorte que le centre de gravité du *contraigneur* ainsi construit restât sensiblement dans la position qu'avait celui du récepteur, c'est-à-dire dans le plan passant par l'axe de rotation et divisant le système des barres de suspension en deux parties symétriques

La pièce additionnelle, insérée dans l'âme d'un récepteur, pourrait être en bois; dans ce cas, sa forme et ses dimensions ressortiraient trop naturellement de ce qui a été dit précédemment, et de la nature même des choses, pour qu'il soit besoin de nous y arrêter. Mais cette pièce additionnelle pourrait aussi être faite



en fonte de fer, et alors il conviendrait de la faire creuse, et à peu près telle que la représente la figure ci-dessus, où l'on voit 1° une partie postérieure cylindrique destinée à entrer dans l'âme, et en ayant le diamètre, moins le vent nécessaire pour la facilité de son insertion ; 2° une partie en forme de disque, destinée à s'appliquer contre la tranche de la bouche du récepteur, et à s'y assembler solidement à l'aide de boulons et d'écrous; 3° enfin une partie antérieure en forme de cône tronqué allongé.

Il va sans dire que le centre de gravité de cette pièce additionnelle (quelle qu'en fût la matière) devrait autant que possible répondre au centre de la bouche du récepteur, ou plus ou moins en dedans, selon le poids que l'on voudrait lui donner.

Dans les pendules actuels, la limite inférieure de la distance à la tranche du récepteur, à laquelle les bouches à feu pourraient être placées pour les expériences, serait d'environ $0^m,50$, qui est celle du devant des piliers de support, auquel cas l'axe de la bouche à feu ne serait qu'à environ $0^m,23$ de ces piliers, d'après nos hypothèses précédentes, distance probablement insuffisante dans les expériences où la bouche de la pièce se trouverait entre le pendule et le pilier, pour prévenir toute action et réaction défavorables du souffle et de ce pilier. D'après cela, $0^m,50$ serait donc une limite inférieure de la longueur à donner à la partie extérieure de la pièce additionnelle. Encore faudrait-il, si on la bor-

nait à cela, interposer entre sa pointe tronquée et la tête du piston sur lequel le pendule devrait peser plus ou moins, quelque corps d'une longueur à procurer l'écartement qu'il faudrait donner au pendule de sa position de repos, pour qu'il exerçât la pression voulue. Du reste, cette interposition d'un corps dur et résistant, tel que serait un fort prisme ou cylindre de fer, de fonte, d'acier, voire même de bois de bout très-sain, n'aurait rien que de très-praticable; le corps en question étant, à cet effet, convenablement suspendu dans la position qu'il devrait avoir. On pense même qu'elle présenterait un certain avantage dans les cas où, contre les prévisions des opérateurs, le pendule éprouverait une répulsion assez forte pour que, si on ne réussissait pas à l'arrêter au terme de son recul, il retombât sur la pièce et la déplaçât. On comprend, en effet, que l'action du pendule, dont on parle ici, pourrait être amortie par la seule soustraction soudaine du corps interposé tenu en suspension. S'il en était ainsi (ce que des expériences préliminaires serviraient à vérifier), on pourrait avoir recours à ce moyen de diminuer la longueur des *contraigneurs*, même de ceux qui seraient construits tout spécialement.

Poids du pendule.

Nous n'avons rien dit jusqu'ici du poids le plus convenable à donner au pendule; il est temps de

nous en occuper. Ce poids doit évidemment être en raison directe de la pression qu'on voudrait exercer, et en raison inverse de l'écartement primitif que l'on voudrait employer, puisque la pression exercée sur le piston est, dans tous les cas, proportionnelle au produit du poids et du sinus de l'angle d'écartement.

Pour montrer par des chiffres l'espèce de corrélation qui existe entre ces deux quantités, pour diverses pressions à exercer, et mettre à même d'apprécier l'influence que chacune d'elles peut avoir sur la facilité d'exécution et la réussite des expériences, nous avons dressé le tableau suivant, où sont mis en regard, pour le cas d'un pendule dont l'axe d'oscillation serait à 5 mètres de l'arête des couteaux, et le centre de gravité à 4^{m},5 de cette même arête : 1° la pression à exercer ; 2° l'écartement à employer pour différents poids du pendule ; 3° la hauteur à laquelle chacun de ces écartements élèverait le centre de gravité. Il est sans doute inutile d'ajouter que, dans ce tableau, les écartements sont indiqués par les sinus des angles correspondants dans un cercle de 5 mètres de rayon, et les élévations du centre de gravité par les sinus verses des mêmes angles dans un rayon de 4^{m},5 seulement.

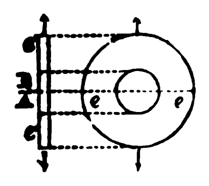
Efforts supposés des gaz de la poudre contre la base du piston.	Sinus et sinus verses des angles d'écartement à donner au pendule, supposé avoir son centre de gravité à 4m,5 de l'axe de suspension, son axe d'oscillation à 5m du même axe de suspension ; enfin un poids tel que sa pression totale à la distance de l'axe d'oscillation serait de :									
	4.000 kil.		4.500 kil.		5.000 kil.		5.500 kil.		6.000 kil.	
	sinus	sin. V	sinus	sin. V	sinus	sin. V	sinus	sin. V	sinus	sin. V
kil.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.
1.000	1.250	0.143	1.111	0.127	1.000	0.114	0.909	0.104	0.833	0.095
900	1.125	0.110	1.000	0.098	0.900	0.088	0.818	0.080	0.750	0.073
800	1.000	0.091	0.889	0.081	0.800	0.073	0.727	0.066	0.667	0.061
700	0.875	0.069	0.778	0.061	0.700	0.055	0.636	0.050	0.583	0.046
600	0.750	0.051	0.667	0.045	0.600	0.041	0.555	0.037	0.500	0.034
500	0.625	0.035	0.555	0.031	0.500	0.028	0.454	0.025	0.417	0.023
400	0.500	0.023	0.444	0.020	0.400	.0018	0.363	0.017	0.333	0.015
300	0.375	0.013	0.333	0.011	0.300	0.010	0.272	0.009	0.250	0.009
200	0.250	0.006	0.222	0.005	0.200	0.005	0.181	0.004	0.167	0.004
100	0.125	0.002	0.111	0.002	0.100	0.002	0.091	0.001	0.083	0.001

Dans la vue de tirer plus de fruit de la discussion des résultats contenus dans ce tableau, il paraît à propos de faire voir au préalable que les pressions prises pour exemples dans la première colonne, sont de celles que l'on pourrait avoir à expérimenter. Pour cela essayons de nous procurer une connaissance au moins approchée du maximum de la force élastique des gaz de la poudre dans les bouches à feu. Nous y parviendrons, ce nous semble, en nous appuyant sur deux points de fait que personne, que nous sachions, ne contestera: Le premier, c'est que nos bouches à feu actuelles, fabriquées avec de bons métaux par les procédés aujourd'hui en usage, ont une ténacité suffisante pour résister sans altération aux efforts expansifs des gaz de la poudre, à l'emplacement de la charge où ces efforts sont à leur maximum d'intensité; le second consiste en ce que ces mêmes bouches à feu cessent aussitôt d'avoir une résistance suffisante aux efforts précités, pour peu que l'on se serve de poudres d'une combustion plus vive que les poudres de guerre ordinaires (expériences de Vincennes en 1828 et autres), ou bien qu'avec ces poudres ordinaires on fasse usage d'un mode de chargement qui diminue la perte du gaz par le vent (expériences de La Fère en 1820 et 1821, et autres), ou enfin que, dans la fabrication des pièces, on laisse prédominer, plus encore qu'on ne le fait ordinairement, les causes qui font que les métaux coulés en grand, et le bronze plus qu'aucun

autre, ne jouissent plus intégralement des propriétés mécaniques qu'on leur trouve étant coulés en petit, à moins de prendre les précautions recommandées par la nature même de ces causes (expériences d'Indret en 1828, de Douai à la même date, et beaucoup d'autres).

De ces deux points de fait qui résultent de l'ensemble des expériences acquises, on peut conclure que les épaisseurs au premier renfort de nos bouches à feu de bronze, telles qu'on les construit et fabrique aujourd'hui, sont un peu, mais très-peu plus grandes que celles qui suffiraient strictement à les mettre en état de résister aux efforts qu'elles ont à supporter à cet endroit dans le service.

D'un autre côté, suivant l'*Aide-mémoire de l'artillerie*, il résulterait de l'ensemble des observations faites pour constater la limite des efforts de traction que peuvent supporter sans altération des prismes de bronze de nos canons, que cette limite est de 383 kilogrammes par centimètre carré de la section transversale, en sorte que, en appelant e l'épaisseur d'une bouche à feu, autour de la charge exprimée



en centimètres, on aurait $2e \times 383$ pour la limite

de résistance complète d'une portion de cette bouche à feu, coupée perpendiculairement à l'axe, et de 1 centimètre de longueur, que l'on soumettrait à un effort tendant à la rompre en deux parties égales, suivant un plan AB passant par l'axe.

Cela posé, soit f la pression intérieure des gaz de la poudre, exprimée en kilogrammes par centimètre carré de la surface de l'âme, pression qui s'exerce normalement à cette surface ; on sait que dans ce cas, en appelant d le diamètre de l'âme, fd représente la somme des efforts qui tendent à opérer précisément le même genre de rupture que l'on vient d'indiquer tout à l'heure. Il suit donc de là que, quand il y a équilibre entre la résistance et la force dilaniatrice, on a entre f et e la relation

$$fd = 2e \times 383^{k}. ;\ \text{d'où}\ f = 766\,\frac{e^{k}}{d}\ ;$$

tandis que, si la force dilaniatrice l'emporte, cette relation devient

$$f > 766\,\frac{e^{k}}{d}\ ,$$

et que si c'est la résistance qui est plus grande, on a alors

$$f < 766\,\frac{e^{k}}{d}.$$

D'après cela, puisqu'il semble résulter des consi-

dérations par lesquelles nous avons commencé cette discussion, que c'est le dernier de ces trois cas qui a lieu, avec les poudres actuelles et les modes de chargement en usage, il s'ensuit que, pour les canons de siége tirés dans les circonstances que l'on vient de dire, on aurait, à cause de $d = e$, une limite supérieure de la tension des gaz de la poudre, à l'emplacement de la charge, dans le nombre

766 kilogrammes par centimètre carré,

ou $766 \times \frac{1000}{1033} = 742$ atmosphères.

Appliquons maintenant cette donnée à l'examen des résultats de calculs renfermés dans notre précédent tableau. On y voit de suite qu'en supposant la section transversale de l'ouverture égale à 1 centimètre carré (ce qui répond à un diamètre de près de 13 millimètres), tous les chiffres contenus dans ce tableau, à partir de la 4ᵉ ligne horizontale, pourront trouver immédiatement leur application. Ainsi donc, même avec un pendule du poids de 3,600 kil. seulement, qui en font 4000 rapportés à la distance de l'axe d'oscillation, il suffirait d'un écart de $0^m,875$ pour équilibrer la pression intérieure qui agirait sur le piston, et cet écart de $0^m,875$ ne ferait remonter le centre de gravité que de $0^m,069$ au-dessus de sa position dans l'état de suspension libre. Il

y aurait donc tout lieu d'espérer que l'expérience, préparée dans ces conditions, n'exposerait nullement à voir la direction de l'impulsion s'effectuer en dehors de celle de l'axe du *contraigneur*, inconvénient qui pourrait au contraire arriver dans le cas d'un écart considérable, où le centre de gravité serait relevé d'une quantité plus notable, parce qu'alors, pour peu qu'un mouvement latéral fît dévier le centre de gravité du plan vertical des oscillations, non-seulement il n'y reviendrait pas spontanément, mais il serait plus difficile de l'y ramener, et il tendrait à s'en écarter de plus en plus, soit en tordant les barres de suspension, soit en dérangeant la position des couteaux dans leurs coussinets.

En employant à l'emplacement de la charge une ouverture d'un diamètre moindre que de 1 centimètre carré, la pression serait inférieure à 766 kil., et il faudrait des écarts du pendule moindres que le précédent. Par exemple, une ouverture de 10 millimètres seulement de diamètre, n'aurait déjà plus que 0,785 centimètres carrés de section transversale, et ne supporterait de la part des gaz qu'une pression de moins de 0,785 × 766k, ou d'environ 600 kil., et par suite, la limite supérieure de l'écart à employer serait réduit à $0^m,75$, d'après notre tableau, toujours dans l'hypothèse d'un pendule de 3,600 kil. seulement.

Avec un pendule du poids de 4,000 k., ce qui est le cas des pendules actuels, la pression totale due à

ce poids, à la distance de l'axe d'oscillation, serait dans nos hypothèses de 4,555 kil., d'où l'on voit, en jetant les yeux sur le tableau, qu'il serait déjà très-possible d'exécuter un grand nombre d'expériences avec ces pendules, en transformant seulement le ***récepteur*** en ***contraigneur***, de la manière qui a été dite plus haut. Mais, de plus, l'examen des chiffres des colonnes relatives à des poids plus considérables fera voir de suite combien il y aurait à gagner à employer des pendules plus lourds, en ce qu'ils permettraient de recourir à de moindres écarts primitifs.

Il semble donc résulter de cet examen qu'aucun doute ne doit exister sur la possibilité et la facilité de mettre à exécution les expériences que l'on propose.

Elévation de l'axe d'oscillation du pendule au-dessus du sol antérieur.

Comme il est nécessaire que l'impulsion communiquée au pendule le soit suivant l'axe d'oscillation, on conçoit qu'il importerait de ne pas élever cet axe au-dessus du sol à une hauteur où il ne serait pas convenable d'élever la bouche à feu. Peut-être, sous ce rapport, les pendules dont l'axe des récepteurs est à environ $1^m,5$ du sol, laisseraient-ils quelque chose à désirer dans leur nouvelle application, à cause du grand poids que nous donnons à nos bouches à feu. Cependant nous espérons montrer plus loin qu'il se-

Baraque de recouvrement.

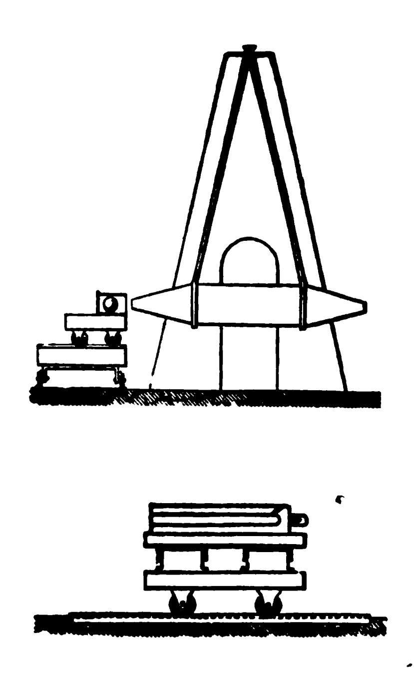
Il nous reste, pour compléter les explications relatives à l'établissement du pendule, à dire un mot touchant la construction de la baraque de recouvrement. Comme dans celle des pendules actuels, toutes les planches qui la composeraient, devraient pouvoir être enlevées à volonté, pour ne laisser subsister que la charpente ; mais de plus, il serait nécessaire qu'aucune des pièces de cette charpente ne se trouvât dans la direction des projectiles, ni même trop rapprochées de cette direction. Cette condition n'a rien que de facile à réaliser, et il serait aussi très-aisé d'y faire satisfaire les baraques actuelles par quelque modification à la charpente si cela était reconnu nécessaire.

III.

Installation des pièces devant le pendule.

Les bouches à feu à employer ayant leur surface extérieure composée de parties planes, rien ne serait plus aisé que de les établir d'une manière stable à la hauteur voulue devant le pendule, en se restreignant au tir horizontal. La disposition grossièrement indiquée ci-dessous, et que nous avons appropriée au cas

des piles des pendules actuellement existantes, nous a paru remplir cette condition tout en permettant à la pièce les mouvements qu'elle pourrait prendre dans le tir, ou qu'il serait nécessaire de lui imprimer pour le besoin des expériences. Elle se compose de deux



chariots superposés, mobiles chacun sur des rouleaux de fonte de fer pleins ou creux. Le chariot supérieur, qui porterait la pièce, aurait quatre de ces rouleaux placés deux à deux le plus près possible des bords longitudinaux, et disposés de manière à rouler en

travers du chariot inférieur, dans des ornières pratiquées sur le dessus de ce dernier, au moyen de tringles de bois où de fer clouées dessus. Le chariot inférieur pourrait n'avoir que deux grands rouleaux régnant sur la plus grande partie de la largeur et qui rouleraient sur le sol raffermi ou sur une plate-forme entre deux cours de poutrelles, parallèles destinées à les guider dans leur mouvement dirigé en travers du pendule ou dans le sens de la longueur de la bouche à feu.

On n'a pas mis de cotes dans les figures précédentes, parce qu'il n'y a rien d'absolu à cet égard. Nous dirons seulement que la largeur du chariot supérieur serait d'au moins 60 centimètres, et que celle du chariot inférieur devrait être à peu près du double de celle du supérieur. Si, après l'interposition, entre la pièce et le *contraigneur*, d'un corps dur et résistant, d'une longueur égale à l'écartement que l'on voudrait donner au pendule, en raison de son poids, la pièce soumise latéralement à la pression du pendule éprouvait quelque déplacement sur le chariot inférieur, ce qui diminuerait proportionnellement la pression, il serait nécessaire de prévenir cet effet en calant les roues du chariot supérieur.

Avec une disposition des piles qui rendrait possible un plus grand rapprochement de la pièce, on pourrait ou faire usage d'un *contraigneur* moins allongé et conserver la même disposition que ci-des-

sus pour la pièce et son chariot, ou bien faire usage d'un *contraigneur* de même longueur, et faire varier la position du chariot supérieur sur le chariot inférieur, selon que l'appareil serait au repos ou en action.

Comme le système de la pièce et de ses deux chariots serait extrêmement lourd, les manœuvres à exécuter pour amener la pièce à chaque expérience dans la position qu'elle devrait avoir, se feraient à l'aide de cabestans ou de crics, convenablement disposés à cet effet.

Nous terminerons ces réflexions relatives à l'installation des pièces devant le pendule, en faisant remarquer que la hauteur de l'affût, c'est-à-dire du système des deux chariots, devrait se régler, non pas sur la hauteur de la pointe du *contraigneur*, dans la position de repos du pendule, mais sur cette hauteur dans la position écartée qu'on jugerait à propos d'employer, et qui dépendrait du poids du pendule. Cette dernière hauteur différerait assez de la première pour qu'il fût indispensable d'y avoir égard, ainsi qu'on peut s'en faire une idée en jetant les yeux sur le petit tableau ci-dessous, calculé pour le cas d'un pendule de 5 mètres de longueur, ayant un *contraigneur* d'une longueur telle qu'il y eût $2^m,5$ de distance horizontale entre l'extrémité de sa tête et la ligne des couteaux dans la position de repos du pendule.

Écartement supposé du pendule.	Abaissement correspondant de la pointe du contraigneur.
m 1. 000	m 0. 0505
0. 875	0. 0383
0. 750	0. 0285
0. 625	0. 0194
0. 500	0. 0128

On voit en outre, par les différences des abaissements correspondant à divers écartements ou à diverses pressions exercées par un même pendule, qu'il serait préférable de n'employer jamais qu'un seul écartement pour une même série d'expériences, calculant pour cet écartement la hauteur juste à donner à l'axe de la bouche à feu et y appropriant aussi les diverses ouvertures à percer dans celle-ci, ainsi que nous allons le dire dans l'article suivant.

IV.

Réflexions à propos des diamètres et des emplacements des ouvertures à percer dans l'épaisseur des pièces.

La loi de variation des diamètres des ouvertures à percer aux différents points de la longueur de l'âme pour un seul et même poids de pendule et un seul et même écartement primitif à lui donner, cette loi, disons-nous, est impossible à assigner à l'avance; car il est manifeste que les aires des sections transversales des ouvertures doivent suivre la loi inverse des tensions des gaz dans ces différents points, loi qui est précisément ce que les expériences auraient pour but de déterminer. D'après cela, en supposant que l'on eût commencé à expérimenter à hauteur de la charge, et que l'on fût arrivé ainsi à reconnaître le meilleur diamètre d'ouverture à employer à cet endroit pour le pendule dont on ferait usage; au moment de passer à un point voisin, il conviendrait d'y percer d'abord une ouverture de même diamètre qu'au précédent, puis de l'agrandir après une première épreuve, d'abord très-peu, puis davantage, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on arrivât à une limite convenable. A cet instant, en appelant d le diamètre précis de l'ouverture, exprimé en centi-

mètres, mais avec une approximation allant jusqu'aux dixièmes de millimètres au moins; désignant en outre par P la pression extérieure exercée par le pendule dans la position qu'il aurait prise *après le tir* et que le curseur dont il serait muni aurait fait reconnaître; représentant enfin par f la tension cherchée du gaz de la poudre exprimée en kilogrammes par centimètres carrés, on aurait pour calculer f l'équation

$$f\pi\frac{d^2}{4}=P;\ \text{d'où}\ f=\frac{4P}{\pi d^2}.$$

Il est sans doute superflu de faire remarquer que les trous à percer dans la pièce devant l'être normalement à la paroi de l'âme, il serait nécessaire d'avoir cette condition présente à la pensée, lorsque l'on marquerait à l'extérieur de la pièce le point qui devrait être attaqué par le foret, et aussi lorsqu'on donnerait au foret la direction qu'il devrait avoir pour aboutir à l'axe.

A l'égard du diamètre à donner à la première ouverture à percer dans la pièce, par exemple à l'emplacement de la charge, ce qu'il y aurait de plus prudent à faire, serait de faire cette première ouverture un peu moindre qu'on ne croirait pouvoir en réalité la faire. Ainsi, en partant des considérations qui nous ont conduit à penser que l'on pourrait employer un diamètre de 1 centimètre avec un écartement de $67\frac{1}{2}$ centimètres, avec un pendule de

4,000 kilogrammes, on pourrait, pour plus de prudence, au début des expériences préliminaires, ne percer le trou qu'au diamètre de $0^c,9$ ou $0^c,95$, à moins que l'on n'aimât mieux recourir à un écartement plus considérable, ou charger davantage le pendule afin d'en augmenter le poids.

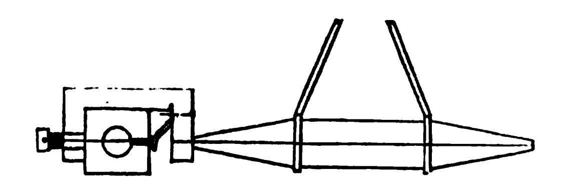
V.

Quelques mots sur le dynamomètre qu'on propose d'employer pour le cas du tir incliné, et qui pourrait aussi servir, pour le cas du tir horizontal, concurremment avec le pendule.

Comme il serait difficile ou plutôt pénible et long, dans le cas où la bouche à feu serait inclinée à l'horizon, de faire correspondre toujours la tête du piston à l'extrémité du *contraigneur*, dans les différentes positions du point de la longueur de l'âme où l'on voudrait mesurer la tension des gaz de la poudre, nous avons eu l'idée d'employer, pour ce cas, comme moyen d'exercer la pression extérieure initiale sur la tête du piston, une presse à vis puissante, munie d'un ressort qui, après avoir indiqué cette pression initiale plus ou moins inférieure à celle qui serait nécessaire pour faire équilibre à la force de la poudre, indiquerait en outre après le tir

cette force elle-même par suite du nouveau degré de bandement qu'il en aurait reçu.

La figure ci-dessous fait connaître comment nous concevons la possibilité de satisfaire à cette condition.



On y voit la même forme de presse à vis que nous avons déjà employée à fermer provisoirement une ouverture après qu'elle aurait servi à faire des expériences dans un point donné. Seulement il y a de plus ici, du côté opposé à la vis de pression, un ressort vigoureux, dont la forme et les dimensions devraient être déterminées avec soin. Nous n'entrons à cet égard dans aucun détail, non plus que sur les moyens qu'il serait convenable d'employer pour agrandir les degrés de l'échelle des flexions du ressort, en vue de les rendre plus faciles à apprécier. Le *contraigneur* que l'on a représenté en contact avec l'appareil, est uniquement là pour montrer la possibilité de faire simultanément usage des deux méthodes dans le cas du tir horizontal.

Vincennes, ce 28 *septembre* 1852.

DES ÉTUDES

SUR LE PASSÉ ET L'AVENIR DE L'ARTILLERIE

De Louis-Napoléon Bonaparte, président de la république, par Ed. De La Barre Duparcq, capitaine du génie, professeur d'art militaire à l'école de Saint-Cyr. In-8°. Prix. 3—00

ÉTUDES

SUR LES ACIERS DONT L'ARTILLERIE FAIT USAGE

Par de Massas, chef d'escadron d'artillerie. In-8°. Prix. 3—00

SOUS PRESSE, POUR PARAITRE FIN OCTOBRE COURANT :

Cours de dessin Topographique à l'usage des officiers et sous-officiers d'infanterie et de cavalerie, des élèves des lycées, des élèves des écoles préparatoires et des maisons d'éducation. — Ouvrage au moyen duquel on peut apprendre le dessin topographique sans le secours d'un maître et comme tel, très-utile à donner en prix aux lauréats de l'Université et de tous les établissements d'instruction publique, jeunes gens auxquels il servira de sujet instructif, de distraction pendant leurs vacances. Publié d'après les meilleurs documents dus à MM. les officiers d'état-major et à MM. les Dessinateurs du dépôt de la guerre,

Par J. Corréard, ancien ingénieur.

Un volume in-4°, oblong, composé de 24 dessins coloriés avec le plus grand soin, avec texte en regard.

Paris. — Typographie de H V. de Surcy et Cie, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

COUP D'ŒIL SUR LES ÉTUDES
DU PASSÉ ET DE L'AVENIR
DE L'ARTILLERIE
de LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE, Président de la République,

Par MARTIN DE BRETTES, Capitaine-Commandant au 3e rég. d'artillerie.

TROISIÈME ÉPOQUE, 1515—1589.

Cette arme (l'artillerie) n'est plus un accessoire, mais une cause réelle de succès lorsqu'elle est dans les mains d'hommes qui savent s'en servir. C'est elle qui décida la victoire à Marignan, etc.

Mais, malgré le progrès des armes à feu, à cette époque l'ordre profond existe toujours dans l'ordonnance des troupes; et malgré le ravage que le canon exerce dans ces masses d'hommes et de chevaux, il durera tant que les troupes ne sauront pas manœuvrer; tant que l'infanterie n'aura pas une arme qui soit à la fois arme de jet et arme de choc.

(L.-N. BONAPARTE, t. I, liv. 2, ch. III.(

§ 1er. *Infanterie. — Organisation. — Armement. — Ordonnance.*

Pendant les premières années du règne de François Ier, l'infanterie, comme sous ses prédécesseurs, futcomposée de bandes ou compagnies françaises et de troupes étrangères qui en constituaient la solidité. En 1521, le roi, cerné de tous côtés par les possessions de l'empereur Charles-Quint, partagea, comme Louis XI, la France en quatre grands gouvernements, savoir : la Champagne, la Picardie, la Guyenne et le Milanais. Il divisa aussi l'armée française en quatre armées, dont chacune fut affectée à un

département, afin de faire face à la fois aux Pays-Bas, à l'Allemagne, aux Pyrenées et aux Alpes. Les bandes françaises se trouvèrent ainsi divisées en quatre grands corps qui furent les noyaux des célèbres régiments de France : Picardie, Champagne, Piémont et Navarre.

Chaque bande, forte de 500 à 2,000 hommes, était commandée par un capitaine, ayant sous ses ordres deux lieutenants et un enseigne. On en réunissait plusieurs d'un même gouvernement, sous les ordres d'un capitaine général, pour former de gros corps d'infanterie. En 1545, François I[er] créa la charge de mestre de camp, dont le titulaire devait servir d'intermédiaire entre le capitaine général et les simples capitaines. D'après Brantôme, le célèbre Montluc aurait été le premier mestre de camp. Cet officier, sans commandement direct dans l'origine, était pour ainsi dire le chef de l'état-major du capitaine général.

Ces bandes, qu'il suffisait d'égaliser en force pour obtenir une bonne organisation, ne suffisant pas à cause de la gravité des événements, François I[er] eut recours aux troupes indisciplinées et immorales d'aventuriers et aux francs-archers, dont l'institution était tombée en désuétude, mais sans être supprimées, depuis l'affaire de Guinegatte, 1479.

Le roi leva donc, en 1523, les soldats des paroisses, appelés francs-archers comme dans le passé ; mais après la désastreuse bataille de Pavie et ses funestes

conséquences, il les organisa en 1534 en sept *légions provinciales*. Chaque légion était forte de 6,000 hommes. Chaque millier d'hommes était commandé par un capitaine ; et l'un d'eux, commandant en outre la légion entière, prenait le titre de capitaine général ou de colonel. Ce dernier titre fut porté pour la première fois en 1524 par François de Montgomery.

Chaque capitaine avait sous ses ordres deux lieutenants, deux enseignes, dix centeniers, quatre fourriers, six sergents, quatre tambours et deux fifres.

Cette institution des légions, remarquable par l'égalité de la force des corps, des bandes et de leurs subdivisions, faisait concevoir de grandes espérances. Mais cette infanterie, composée de soldats sans discipline, encadrés dans des cadres improvisés et sans expérience, ne rendit pas les services qu'on en espérait. Loin de là, en 1536, le roi fut obligé de casser la légion du Dauphiné, à cause de son indiscipline ; en 1543, 10,000 légionnaires se mutinèrent, retournèrent en France, et il ne resta sous les drapeaux que les capitaines et 300 hommes.

Henri II essaya vainement d'introduire la discipline dans les légions ; car en 1557 le maréchal de Vieilleville, à Metz, fut obligé de faire tailler en pièces, par la gendarmerie, plus de 300 légionnaires qui s'étaient révoltés. Les mauvais services des légionnaires les firent licencier et remplacer par une taxe générale sur tous les roturiers. C'est ce qui résulte

du passage suivant extrait des Mémoires du maréchal de Vieilleville : « Mais voyant que le service de tels gens (les légionnaires) mal aguerris estoit surtout inutile, on commua cela en argent et appelle-t-on ceste taille *la solde des cinquante mille hommes de pied*, à laquelle tous les roturiers universellement du royaume sont contribuables et subjects et de cest argent on en façonne de braves hommes et vaillans capitaines. »

« Ainsi, fait observer l'auteur des *Études sur l'Artillerie*, après avoir affranchi le peuple d'impôts pour l'engager à servir, on en était venu à lui imposer une lourde charge pour payer les hommes de guerre. »

Au commencement du règne da François II, en 1557, la France étant en paix, l'infanterie française fut réduite aux vieilles bandes, qui avaient conservé leur esprit militaire. Elles servirent à former les premiers *régiments* d'infanterie française à l'instar des régiments espagnols, et ce fut le duc Guise, qui, en 1560, opéra cette nouvelle organisation. Chaque régiment fut commandé par un mestre de camp, qui commanda directement les troupes. « Il y en avoit, dit Brantôme, qui trouvoient cette pluralité de mestres de camp un peu estrange; mais M. de Guise, qui scavoit bien mieux que tous eulx comment il fallait gouverner, l'ordonna ainsi. »

L'infanterie était commandée par deux colonels généraux, permanents créés par Henri II en 1559. Quand on faisait plusieurs armées, l'infanterie était

commandée par un colonel, dont le titre et l'emploi étaient temporaires.

Après la prise du Havre, en 1563, les régiments furent cassés, conformément aux promesses faites aux protestants, et l'infanterie ramenée à ce qu'elle était sous Henri II. Mais Catherine de Médicis, trop prudente pour rester ainsi désarmée, trouva moyen, sous Charles IX, d'appeler en France, en 1567, un corps d'infanterie suisse, qui devint le régiment des Gardes suisses la même année. Cette même année, les bandes d'infanterie française furent réorganisées en deux corps, composés chacun de trois régiments. Chaque corps était commandé par un colonel général, et chaque régiment par un mestre de camp. En 1567, Strozzi étant devenu seul colonel général de l'infanterie, par la mort de Brissac, organisa de nouveau cette arme. Il en fit quatre régiments indépendants, commandés chacun, en temps de paix et de guerre, par un mestre de camp qui remplit alors des fonctions analogues à celles des colonels de nos jours.

Depuis cette époque, la bande cessa d'être l'unité de l'organisation, le régiment lui succéda et existe encore aujourd'hui.

L'infanterie était toujours armée de piques, de hallebardes, d'arbalètes et d'arquebuses. Les piques des Suisses et des Allemands étaient plus longues que celles des autres nations.

Les arquebuses, qui entraient pour un quart environ dans l'armement de l'infanterie suisse et alle-

mande, étaient encore très-rares dans l'armée française au commencement du règne de François Ier : « Car, dit Montluc, il faut notter que la trouppe que j'avois n'avoit qu'arbalestriers, *car en ce temps-là, 1523, il n'y avoit pas d'arquebusiers parmy ceux de nostre nation.* » Il contribua puissamment à faire adopter en France les armes à feu portatives ; puisque la même année, il conduisit à M. de Lautrec 800 hommes, dont moitié arquebusiers, « combien, dit-il, qu'en ce temps-là il n'y en avoit encore guère en France. »

Les effets produits par les arquebusiers espagnols à la bataille de Pavie contribuèrent à propager l'emploi de l'arquebuse ; en 1534, lors de l'institution des légions, on comptait déjà, d'après Montluc, 12,000 hommes armés d'armes à feu sur 40,000 légionnaires.

L'auteur des *Études sur l'Artillerie* expose la cause de cette lenteur à adopter l'arquebuse, c'est que, sous le rapport de la justesse et de la portée, l'arbalète était préférable à l'arme à feu. Ce jugement émis des opinions des généraux et des hommes d'expérience de l'époque, tels que Langey, Vigenère, Senftemberg, le maréchal de Vieilleville en 1549, etc., est mis en évidence par de précieuses citations. Nous rapporterons seulement la suivante : « Et est une chose dont ont convenu les meilleurs capitaines de notre siècle, dit Vigenère, que les archers et arbalestriers faisoient plus de meurtres que n'en font les arquebusiers. »

Cependant le sentiment général poussait à l'adoption des armes à feu portatives. « Chacun veut être arquebusier, disait Langey ; je ne sais si c'est pour lever plus de gages ou pour être moins chargé, ou combattre de plus loin. » L'arquebuse était, en effet, plus facile à porter que l'arbalète, car on l'avait réduite à 12 ou 15 livres en lui donnant un calibre très-petit, au détriment de sa portée et de ses effets. Cette arme permettait aussi au soldat d'emporter avec lui plus de munitions et d'intimider son ennemi par la détonation. « Enfin c'est que, comme dit le Prince, le sentiment public, qui a aussi son génie, car il devine de quel côté est le progrès, sentait que les armes à feu allaient sans cesse en se perfectionnant, tandis que les anciennes armes de jet déclinaient de jour en jour. En effet, Holinsched écrivait, sous Élisabeth, que les archers de son temps « ne pouvaient plus bander d'arcs longs et forts mais tiraient de près, ce qui était honteux, en comparaison de ce que faisaient leurs ancêtres. »

Le petit calibre de l'arquebuse en faisait une arme très-défectueuse; mais, sous François Ier, en 1520, les Espagnols, allégèrent la *haquebute à croc*, en usage dans la période précédente, de manière à pouvoir la tirer sur une fourchette et en firent une arme très-redoutable. « De ceste heure (1521), dit du Bellay, furent inventées les arquebouses, qu'on tiroit sur une fourchette. » Dès lors, ceux qui tirèrent ces armes furent appelés *haquebutiers*, et

ceux qui tiraient les armes de petit calibre *arquebusiers*. Cette distinction est mise hors de doute par une ordonnance de François Ier du 24 mai 1527, dans laquelle on lit « que les *harquebusiers* auront, outre leurs places ordinaires, ung sol par chascun et les *hacquebuttiers* dix sols. »

Plus tard, cette arme en France s'appela *mousquet*, et les hacquebuttiers furent nommés *mousquetaires*.

Pendant cette période, la proportion de l'infanterie dans les armées varia beaucoup, mais elle était toujours plus forte que celle de la cavalerie et s'éleva jusqu'aux *neuf dixièmes* dans l'armée espagnole à Cerisoles. L'infanterie entrait dans la composition des armées : pour *deux tiers* dans l'armée française à Marignan, *six septièmes* dans l'armée française à Cerisoles, *cinq sixièmes* dans l'armée de la ligue protestante (la Smalcade), *trois quarts* dans l'armée de l'empereur à Ingolstadt, *deux tiers* dans l'armée du roi de France Henri II, *six septièmes* dans l'armée française à Gravelines, *huit neuvièmes* dans l'armée royale à Dreux, *deux tiers* dans l'armée protestante à la même bataille, enfin *quatre septièmes* dans l'armée royale à Saint-Denis.

Ainsi l'infanterie formait au moins les *deux tiers* des armées et au plus les *neuf dixièmes*, le complément était la cavalerie. En comparant ces proportions d'infanterie et de cavalerie à celles admises de nos jours, on trouve peu de différence. Dès

lors l'infanterie composa généralement la grande partie des armées. Elle était devenue l'arme essentielle et avait réduit la cavalerie au rôle d'auxiliaire.

L'infanterie, sous François Ier, était formée en gros bataillons carrés de 3,000 à 10,000 hommes armés de piques, de hallebardes et d'arquebuses dans des proportions diverses. Quelquefois, pour étendre le front, on disposait l'infanterie en bataillons rectangulaires. L'une ou l'autre de ces formations était très-compliquée, et c'était une grande affaire pour les sergents-majors et les sergents de bataille quand il fallait y procéder.

Ce qui compliquait encore cette ordonnance de formation était la distinction entre les *carrés d'hommes* et les *carrés de terrain*.

La formation des troupes en rectangles ou *carrés proportionnés*, comme on disait alors, exigeait des calculs très-compliqués. L'auteur des *Études sur l'Artillerie* en donne un exemple extrait du *Miroir des armes*, publié en 1540 par Chantereau.

Cela explique pourquoi cet officier disait « *que quelquefois les sergents de bandes demeurent longtemps à dresser les batailles dont ils se sourdent à grands cris et murmures.* »

Les bataillons carrés n'étaient pas serrés en masse devant l'ennemi, on laissait alors un intervalle *d'un pas* entre les piquiers et à peu près la même distance entre les rangs. Cet espace servait à donner passage aux hallebardiers, qui, ayant une

arme plus courte, venaient dans la mêlée au secours des piquiers. Cependant quelquefois on faisait serrer en masse, comme Montluc le fit à Cerisoles et à Soissons.

Les piquiers, armés de corselets, étaient au premier rang et sur les côtés, puis venaient d'autres rangs de piquiers, séparés de distance en distance par un rang de hallebardiers.

Les arquebusiers étaient rangés en plusieurs files sur les flancs et quelquefois en tirailleurs en avant.

Pour montrer combien à cette époque l'ordre profond était en vigueur, l'auteur des *Études sur l'Artillerie* cite deux exemples extraits du *Miroir des armes* et en reproduit les figures. On voit qu'un bataillon de 3,602 hommes avait 85 hommes de front sur 45 de profondeur. Mais, dans la pratique, il paraît qu'on augmentait la profondeur, car, d'après une figure représentant un bataillon de 4,462 hommes, qui était conduit par le maréchal de Montjean, on aurait mis 65 hommes de front sur 68 de profondeur. Cette disposition est conforme à l'opinion de Fronsperger, qui comptait, pour un bataillon de 3,000 hommes, 51 rangs et 58 files.

On faisait mouvoir ces énormes masses sur le champ de bataille en les rompant en plusieurs sections composées d'un certain nombre de files, de manière qu'elles n'avaient à faire qu'un *en avant en bataille* pour reformer le carré. « Ainsi, dit Walter Rivias, soit 81 piquiers à disposer en ordre de

marche, comme la racine de 81 est 9, on divisera les soldats en trois sections qui marcheront sur trois de front et 9 de profondeur, et ces trois sections, mises les unes à côté des autres, formeront le carré parfait. »

§ 2. *Cavalerie. — Organisation. — Armement. — Ordonnance.*

Les compagnies d'ordonnance, toujours composées de lances fournies, subirent quelques modifications dans leur organisation et leur armement.

La lance fournie, d'après l'ordonnance de 1530, avait six chevaux, savoir : quatre pour l'homme d'armes, son page et son valet, et deux pour ses archers.

Jusqu'à François Ier, la cavalerie légère en France avait été exclusivement composée d'archers, des compagnies d'ordonnance. Il y adjoignit, pendant les guerres d'Italie, un corps de cavalerie légère, sous le commandement des principaux seigneurs italiens.

Déjà la cavalerie commençait à se diviser en spécialités, selon que l'arme était plus ou moins complète, et des chevaux d'une taille plus ou moins éle-

vée. D'après le livre de *la discipline militaire*, on comptait alors quatre espèces de cavalerie, savoir :

Les gens d'armes, complétement couverts d'armes défensives qui montaient les plus grands chevaux ;

Les chevau-légers, aussi couverts de fer, qui avaient des chevaux plus petits ;

Les arquebusiers.

Enfin les stradicts, ou cavalerie légère italienne.

Chaque compagnie de gens d'armes, en 1558, avait 50 arquebusiers à cheval (Vieilleville) appelés *argoulets* en France, et *carabins* en Espagne.

Il y avait aussi en France des arquebusiers à pied, qui avaient des chevaux pour se transporter rapidement à l'endroit où leur service était nécessaire. Paul Jove, en effet, parle de 500 excellents arquebusiers que, près de Landrecies, en 1543, Pierre Strozzi *avait mis à cheval, afin qu'ils ne se fatiguassent pas.* « Voilà donc, dit l'auteur des *Etudes sur l'Artillerie*, l'origine des dragons. »

La cavalerie allemande, qui, pendant les guerres de religion, vint servir en France, était composée d'escadrons dont chacun comptait environ 2,000 cavaliers, parmi lesquels il y avait 400 arquebusiers et 1,200 lances. L'escadron, fort de 300 chevaux, était commandé par un capitaine appelé *Rittmeister*, un lieutenant, un porte-enseigne et un fourrier. Cette cavalerie, qui devint bientôt célèbre en France, était connue sous le nom de *reitres ou pistoliers.* Sa réputation vint non-seulement de la formation en escadrons

profonds, mais aussi de l'usage qu'avaient les cavaliers de tirer leur pistolet à bout portant sur les gens d'armes, qu'ils tuaient ainsi malgré leurs cuirasses, tandis que ces derniers, combattant en France, sur un rang, ne pouvaient enfoncer les reitres.

L'armement de la cavalerie, décrit en détail par l'auteur de la discipline militaire (Langey), montre que les armes défensives étaient en grande faveur.

Les armes offensives n'avaient pas changé, seulement les arquebusiers avaient remplacé la lance par l'arquebuse, et le pistolet, nouvellement inventé, tendait à l'arme à feu de la cavalerie.

Sous François Ier et même jusque sous le règne d'Henri II, les hommes d'armes portaient des armures légères, suffisantes pour résister à la balle de l'arquebuse qui était de petit calibre. Mais l'emploi des mousquets et des pistolets obligea de renforcer démesurément les armes défensives, pour les rendre capables de résister à des balles d'un plus gros calibre. « Or, disait Lanoue, en 1575, comme ils ont eu bonne raison, à cause des arquebusiers et pistolets, de rendre les harnais plus massifs et à meilleure espreuve qu'auparavant, ils ont toutefois si fort passé la mesure que la pluspart se sont chargés d'enclume. Nos gens d'armes et chevau-légers du temps du roi Henri II estoient bien plus beaux.... et n'avoient toutes leurs armes, pesanteur qui les empeschât de les porter vingt-quatre heures. Mais celles d'aujourd'hui sont si griefves, qu'un gentilhomme à 30 ou 35 ans est

tout estropié des espaules d'un tel fardeau.» Cela fut une des causes de la diminution de la gendarmerie et de l'abandon des armures.

En 1544, la cavalerie française commença à remplacer l'arquebuse par une arme plus courte d'un fort calibre, appelée *pistole,* du nom d'une pièce de monnaie qui avait le diamètre de la balle. Cette arme, supérieure en portée et en justesse à l'arquebuse ordinaire, fit, dès 1845, la réputation des cavaliers allemands qui l'adoptèrent les premiers, pour percer les cuirasses.

L'épaisseur des cuirasses d'une part, et l'usage, adopté dans ce siècle, de charger au trot comme la cavalerie allemande, faisait perdre à la lance ses avantages contre la cavalerie: « Il y a, disait Lanoue, en 1575, un miracle quand quelqu'un est tué de la lance. » Cette considération tendait donc à faire préférer le pistolet. Une autre cause qui contribua aussi à faire abandonner la lance, fut la perte considérable que les guerres de religion causèrent en fort chevaux et en hommes exercés à se servir de cette arme.

La cavalerie allemande était rangée en ordre profond; cependant sous Charles-Quint, elle commença à diminuer sa profondeur. C'est ce qui résulte d'une citation de Louis d'Avila, relative à la guerre de Smalcade, en 1546 : « Nos esquadrons, dit-il, estoient ordonnés autrement que ceux des Allemands, car ils sont fort estroiets, le front des esquadrons et les costés fort larges, mais l'empereur ordonna les siens,

de dix-sept chevaulx.... et pour le choc suffisent dix-sept rangées, etc. » Un autre témoignage est fourni par les *observations militaires* de Montluc où il est dit que le duc d'Albe trouvant les escadrons de reitres trop profonds, voulut que les siens eussent le front deux fois aussi large que la profondeur. Aussi comptait-il qu'un escadron de 1,700 chevaux occuperait un rectangle de 102 pas de profondeur sur 204 de front, chaque cheval étant supposé occuper deux pas de front sur quatre de profondeur.

C'est donc Charles-Quint qui, contre l'opinion de plusieurs historiens, diminua la profondeur des escadrons allemands.

A la bataille de Dreux, en 1562, la cavalerie française était encore rangée en haie pour combattre, mais les échecs de Saint-Quentin, de Gravelines et de Dreux, firent adopter en France l'ordre profond. Ainsi, à la bataille de Montcontour en 1569, la gendarmerie française, rangée en escadrons profonds, défit les reitres et la cavalerie des huguenots. Cependant les gendarmes adoptèrent généralement la formation sur deux rangs, et la cavalerie légère se rangea sur seize rangs, profondeur exagérée mais préférable à l'ordre en haie.

Tous les auteurs contemporains sont unanimes pour reconnaître qu'à cette époque la gendarmerie française était bien déchue de ce qu'elle était sous François Ier et Henri II. « Il ne faut pas penser, dit Lanoue, que cette grosse et redoutable gendar-

merie qui estoit du temps du roi François, en laquelle consistoit la principale force du royaume, doit encore en estre. Elle est bien changée depuis, etc.»

§ 3. *Artillerie. — Organisation. — Matériel.*

L'artillerie, sous François Ier, reçut de grands accroissements et une organisation plus centrale.

En 1540, le roi créa onze magasins ou arsenaux distribués par provinces. Les arsenaux devaient contenir les pièces, les poudres, les salpêtres et les approvisionnements nécessaires au service de l'artillerie et à la fabrication de tout ce qui a rapport à l'arme.

Ces établissements étaient sous la surveillance du grand maître de l'artillerie et du contrôleur; il en était de même de tout le personnel employé dans l'arme, tels que lieutenants, commissaires, canonniers, fondeurs, prévôts, chirurgiens, apothicaires, fourriers, charpentiers, charrons, forgeurs, déchargeurs, capitaines et conducteurs de charroi : tous devaient être brevetés du grand maître, de sorte que l'unité s'établissait de plus en plus dans le service de l'artillerie.

Sous Henri II, en 1552, on créa, au-dessous du grand maître, un lieutenant-général d'artillerie.

Avant le règne de ce prince, quant on avait besoin de chevaux pour l'artillerie, on les levait par

réquisition dans les communes. Par l'ordonnance de décembre 1552, il créa, dans les provinces les plus rapprochées des frontières, vingt *capitaines de charrois d'artillerie*, « chargés de fournir *quatre mille chevaux de trait, garnis de tout harnais et équipages, mille charretiers et six cents charrettes.....* » De sorte que chaque capitaine devait fournir 200 chevaux, 50 charrettes ordinaires et 25 renforcées, lesquelles devaient être rendues au lieu fixé *six semaines* après l'injonction du grand maître, le tout aux dépens desdits capitaines, « qui, pour ce fait, auront solde, gages et avances de deniers, et jouiront des priviléges, franchises et exemptions telles qu'ils s'en suivent..... » Enfin ils étaient exempts de taille.

Charles IX établit deux arsenaux de plus, et Henri III porta le nombre à *trente* en 1582. Mais l'organisation du personnel ne subit pas de modifications essentielles. Henri III attacha à chaque arsenal un commissaire, un contrôleur et un garde. Trente trésoriers étaient chargés de régler la comptabilité de ces magasins.

Sous François I[er], les bouches à feu en usage dans les équipages étaient réduites à un petit nombre de calibres, qui, d'après *Abra de Braconis*, commissaire d'artillerie en 1547, étaient les suivants :

La grande basilique, de .	80 livres.	
Le double canon, de . . .	42 liv.	attel. 35 chev.
Le canon serpentin, de. .	22	21

La grande coulevrine, de .	15 liv.	attel. 17 chev.
La coulevrine bâtarde, de .	7	11
La coulevrine moyenne, de	2	4
Le faucon, de.	1	3
La fauconneau, de	14 onc.	2

Toutes ces pièces étaient transportées sur leurs affûts, excepté celles de 80 livres.

Les artilleries étrangères étaient encombrées d'une variété de calibres beaucoup plus grande et de pièces plus pesantes. Selon Fronsperger, l'artillerie allemande avait des pièces tirant des boulets de fer de 100, 75, 50 et 25 livres, transportées sur des chariots porte-corps, et d'autres lançant des boulets de 18, 8, 5 et 2 livres, traînées sur affûts. Le même auteur mentionne aussi des bouches à feu courtes (*feuer buchsen*), espèces d'obusiers, destinés à lancer des incendiaires, des boulets creux, de la mitraille.

Sous Charles-Quint, l'artillerie espagnole s'améliora notablement; elle adopta les calibres de 40, 24, 12, 6 1/2, 2/3.

L'artillerie italienne était la plus arriérée, car elle comprenait, d'après Tartaglia, quinze calibres, variant de 3 à 250 livres, et donnant lieu à 26 variétés, eu égard aux longueurs ou aux poids. On employait encore, en Italie, les bœufs pour traîner les calibres supérieurs à celui de 16.

Sous François Ier, l'artillerie française était donc supérieure à celle des autres puissances de l'Europe.

Elle était toujours partagée en *bandes*, fractions qui facilitaient l'administration et la mobilisation des parcs.

Sous Henri II, l'artillerie française entra dans une nouvelle phase de perfectionnements.

Le nombre des calibres fut réduit à six ; on supprima le double canon comme trop lourd, le serpentin comme trop court, et on les remplaça par le *canon renforcé* de 33. A ce sujet, l'*auteur des Etudes* relève une erreur généralement accréditée, qui attribue à Charles IX l'honneur d'avoir réduit l'artillerie à six calibres. Un discours manuscrit de Lesdiguières, daté de 1559, témoigne qu'à cette époque Henri II avait fixé les calibres des bouches à feu aux suivants :

Canon de	33 liv. attel.	21 chev.
Grande coulevrine, de . .	15	17
Coulevrine bâtarde, de .	7	11
Coulevrine moyenne, de .	2	4
Faucon, ...	1	3
Fauconneau, de	» 14 onc.	2

Cependant Henri II fit couler, en Italie, des bouches à feu qui, d'après l'architecte italien de Marchi, différaient un peu des précédentes, ce qui n'infirme pas le principe de six calibres normaux : c'est donc à Henri II que remonte la création des *six calibres de France*.

Toutes les pièces étaient traînées sur leurs affûts,

qui étaient sans roues d'avant-train, excepté ceux des trois plus gros calibres.

Une invention importante, faite à cette époque, fut la prolonge ou *combleau;* c'était une corde roulée autour de la volée, qu'on déroulait pour en fixer les extrémités de chaque côté de l'affût afin de faire traîner par les servants, et sur le champ de bataille, les pièces avec la bouche en avant. Ce moyen de traîner le canon paraît avoir été usité auparavant, puisque, près de Naples, le maréchal de Lautrec, en 1528, « faisant avancer l'armée en bataille, l'artillerie marchait la bouche devant. » (du Bellay, liv. III.)

Sous Henri II, l'artillerie, habilement dirigée par le grand maître d'Estrées, avait atteint, sous le rapport du personnel et du matériel, un haut degré de simplicité et de perfection. Mais pendant les guerres de religion, toutes ces forces, concentrées dans les mains d'un seul, s'éparpillèrent; et quoique les armées royales eussent plus d'artillerie que celles qui leur étaient opposées, la pénurie du trésor les priva souvent de ce puissant auxiliaire, surtout lorsque la capitale tomba sous la domination de la Ligue. Alors l'uniformité disparut, et chaque ville coula des canons comme elle put. Mais Charles IX profita de la paix de 1572, pour rendre à Blois une ordonnance qui déclara que la confection de la poudre et des canons était un droit souverain, et défendit aux particuliers d'en fabriquer. Il prescrivit aussi de revenir aux six calibres d'Henri II.

La quantité d'artillerie traînée à la suite des armées était beaucoup moins considérable que dans l'époque précédente. Mais cette diminution était compensée par la mobilité et l'augmentation de la vitesse du tir. On pouvait tirer 150 à 200 coups par jour; car, au siége de Rhodes, en 1522, une pièce tira 130 coups dans un jour, et le célèbre Errard, de Bar-le-Duc, rapporte, qu'en 1565, un canon tira 200 coups en neuf heures à Monfaucon. La proportion d'artillerie, qui, sous François Ier, était fixée à *deux* bouches à feu par mille hommes, descendit à *deux tiers* pendant les guerres de religion. A Marignan, sous François Ier, pour chaque mille hommes, il y avait *deux bouches à feu;* à Cerisoles, l'armée française en avait *une demie;* la Ligue protestante, en 1552, *une et demie;* Henri II, *une;* l'armée française, à Saint-Quentin, *une et demie,* et à Gravelines *une;* enfin, à Dreux, l'armée royale avait *un canon et demi* pour mille hommes, et l'armée protestante *deux tiers.*

§ 4. *Ordre de marche, de campement.*

Dans les marches près de l'ennemi, les armées, d'après Fronsperger, étaient disposées sur trois colonnes : une d'infanterie, une de cavalerie et une formée avec l'artillerie et les autres voitures de l'ar-

mée. La colonne de voitures formait la colonne du centre, et l'artillerie marchait en tête.

Quelquefois cependant, les armées marchaient dans l'ordre de bataille avec l'artillerie et ses bagages en tête. C'est l'ordre de marche suivi par François I[er] en Italie; car, dit un chroniqueur contemporain (le Moyne sans froc), l'armée française campait tous les soirs dans l'ordre de bataille, mais elle était souvent arrêtée par les voitures *qui allaient toujours devant.*

Les armées marchaient toujours avec une grande lenteur, conséquence nécessaire de l'immense quantité de voitures traînées à leur suite. Elle paraît être aussi considérable que dans le passé, car, en 1515, le connétable de Bourbon avait, d'après Marillac, auteur de la *Vie du Connétable*, 6,000 individus employés aux voitures dans une armée de 16,000 hommes, et, d'après Paul Jove, l'armée italienne et espagnole, d'environ 20,000 hommes, qui était commandée en 1554 par le marquis de Guast, avait *douze mille* voitures; l'artillerie n'était donc pas alors la seule cause de la lenteur des marches des armées.

D'ailleurs, à cette époque, ces marches lentes étaient en harmonie avec le genre de guerre en usage. Les guerres, en effet, consistaient plutôt en marches et contre-marches pour occuper des positions avantageuses, qu'à chercher des solutions définitives dans le choc des armées.

Dans les armées allemandes en marche près de

l'ennemi, l'artillerie était placée d'une manière assez judicieuse. Quand l'ennemi était en face, l'artillerie légère marchait avec les premières troupes, afin de protéger par son feu les mouvements nécessaires pour mettre l'armée en bataille. Dans les retraites, au contraire, les voitures et la grosse artillerie marchaient en tête avec l'infanterie, et la cavalerie formait l'arrière-garde avec l'artillerie légère. C'est pour n'avoir pas adopté cette sage disposition, conseillée par Larochefoucault, que le maréchal de Montmorency fut mis en déroute à Saint-Quentin, dans sa retraite devant l'armée espagnole.

§ 5. *Ordres de bataille; disposition des diverses armes.*

Les ordres de bataille en usage dans la période de 1515 à 1589 présentent toutes les variétés que permettait l'ordonnance des troupes. Cependant on tend à ranger les armées sur une seule ligne, comme elles l'avaient été quelquefois sous Louis XII.

Néanmoins on conserva les anciennes expressions *d'avant-garde, bataille* et *arrière-garde*, pour signifier *aile droite, centre* et *aile gauche*. Ces dénominations vicieuses, qui ont induit en erreur plusieurs

écrivains militaires, ont été en usage jusqu'au XVIIe siècle. On lit en effet dans les *Instructions militaires* de Billon, publiées en 1607. « Quand tous les escadrons et bataillons sont dans un ordre seul, sans avant-garde ni arrière-garde, on appelle *avant-garde* ce qui fait *la main droite* de l'armée, *bataille* ce qui fait *le milieu,* et arrière-garde ce qui fait *la main gauche.* »

A Marignan, la première journée, l'armée était rangée sur trois lignes. Chaque ligne avait la cavalerie sur les ailes, et l'artillerie, divisée en batteries, *battait les avenues*, selon l'expression de François Ier. Le même ordre de bataille se représente à la Bicoque en 1522.

L'ordre sur deux lignes se présente à la bataille de Malberge en 1547, à Coutras en 1587, où le duc de Joyeuse plaça la gendarmerie en première ligne avec un bataillon sur chaque flanc, et la cavalerie légère en seconde ligne avec le reste de l'infanterie. L'artillerie était réunie à l'aile gauche.

A Marignan, la seconde journée, François Ier range son armée sur une seule ligne. L'armée ainsi disposée avait deux ailes, dit Paul Jove. L'artillerie était placée de manière à croiser les feux en avant du camp français. En 1528, l'armée française marchant près de Troja dans le royaume de Naples, s'avançait sur une ligne, formée de gros bataillons espacés de deux cents pas, ayant la cavalerie sur les flancs, et l'artillerie dans les intervalles (du Bellay) A Pavie, en 1525, l'armée française était rangée sur une seule

ligne, composée de trois gros corps d'infanterie et de trois escadrons de cavalerie, placés sur leurs flancs. L'artillerie, partagée en trois batteries, était placée dans les intervalles (Paul Jove). A Cerisoles, 1542, les deux armées étaient rangées sur une seule ligne, présentant l'infanterie partagée en trois gros bataillons, la cavalerie sur les flancs de ces derniers et l'artillerie dans les intervalles. Au siége de Vienne, 1525, l'Empereur, pour combattre les Turcs, adopta la formation sur une ligne; l'infanterie était divisée en trois gros bataillons carrés, la cavalerie en deux corps placés dans les intervalles, les chevau-légers et les arquebusiers couvraient le front des troupes à cinquante pas en avant; l'artillerie, disséminée en avant des chevau-légers, servait au besoin de retranchement (Paul Jove). A la bataille de Dreux, en 1562, l'armée royale était sur une seule ligne, composée de cinq gros bataillons carrés d'infanterie, ayant, dans leurs intervalles, des escadrons de gendarmes ou de chevau-légers; l'artillerie formait deux batteries, l'une de quatorze pièces, placée à la droite, l'autre de huit pièces, placée en avant du centre de l'armée (Castelnau). A Moncontour, en 1569, les deux armées étaient rangées chacune sur une ligne et divisées en deux corps; l'armée française avait en outre *une réserve en arrière*. l'artillerie catholique était divisée en deux batteries, placées l'une à droite, l'autre à gauche (*Mém.* de Saulx).

§ 6. *Emploi et effet des différentes armes.*

En général, l'artillerie servait encore à protéger le front des armées et à commencer les batailles. Elle tirait aussitôt que les armées étaient à portée de canon. « Les petits calibres, placés derrière les pelotons d'infanterie et de cavalerie qui escarmouchent, doivent être prêts, dit Fronsperger, à tirer et à recharger promptement, afin de pouvoir toujours précéder les bataillons. » Chaque général cherchait, par la canonnade, à semer la mort dans les rangs ennemis, afin d'y jeter le désordre et de forcer les troupes adverses à quitter leur position pour combattre.

C'est ainsi que s'engagèrent les batailles de la Bicoque, en 1522, de Pavie, en 1525, de Cerisoles, en 1544, de Saint-Quentin, de Dreux, en 1562, de Montcontour, en 1569, de Coutras, en 1587.

L'artillerie, servant principalement à provoquer l'ennemi au combat, par les pertes qu'elle lui faisait essuyer, terminait généralement son rôle quand les troupes s'abordaient. Cependant, quelquefois, l'artillerie fut employée pendant le cours du combat; elle produisit alors des effets décisifs, qui commencèrent à faire considérer cette arme, non

plus comme un accessoire dans les batailles, mais comme une cause de succès quand elle était judicieusement employée.

Ainsi, à Marignan, on voit l'artillerie flanquer la colonne d'attaque conduite par François Ier et combattre avec la cavalerie; à Cerisoles une batterie masquée par les troupes engagées prend une position d'où elle peut battre l'ennemi d'écharpe. A Dreux, l'artillerie de Guise précède les autres troupes pour venir attaquer et foudroyer l'infanterie protestante. Enfin à Senlis, les canons marchent avec la cavalerie qui les précède pour les masquer, et s'ouvre chaque fois que l'artillerie est prête à tirer, de sorte qu'elle produit de très-grands ravages.

Les enfants perdus ou tirailleurs étaient les premières troupes qui combattaient pour jeter du désordre dans les rangs ennemis, et principalement pour s'emparer de l'artillerie. C'était surtout l'usage des Suisses qui le suivirent avec succès à Marignan, car les enfants perdus y prirent sept pièces de canon dès le commencement de la bataille.

Quelquefois, aussi, on faisait précéder les gros bataillons par de la cavalerie légère armée d'arquebuse et combattant en tirailleurs; cette disposition était principalement en usage dans les armées allemandes.

En général, les troupes les plus exposées au feu de l'artillerie marchaient les premières au combat. Tantôt c'étaient les bataillons d'infanterie, comme à

la Bicoque, à Marignan, à Pavie, à Montcontour, qui demandaient à être menés au combat, et qui, même quelquefois, l'exigeaient, comme les Suisses à Cerisoles; tantôt c'était la cavalerie qui, aimant mieux courir les hasards du combat que de périr par les boulets, s'élançait en avant, comme à Saint-Quentin, à Dreux, etc.

La gendarmerie renverse toujours la cavalerie légère, mais en France elle est obligée de se ranger dans un ordre profond, à l'exemple des reîtres, pour ne plus éprouver de défaites, comme à Saint-Quentin, à Gravelines, à Dreux.

La gendarmerie, malgré l'aide des armes à feu, ne peut généralement pas disperser les gros bataillons d'infanterie quand ils sont peu aguerris. L'infanterie, sûre d'elle-même, ne craint plus la cavalerie et se reforme quand elle a été rompue par le choc des chevaux, comme firent l'infanterie espagnole à Cerisoles, les bataillons suisses à Dreux, etc.

Les batailles livrées dans cette période servent aussi à démontrer que la cavalerie et l'infanterie sont impuissantes sans le secours de l'artillerie; que l'infanterie, soutenue par l'artillerie, peut mettre en désordre la cavalerie comme à Marignan; que la cavalerie, à son tour, avec l'aide du canon, disperse les carrés d'infanterie; enfin, qu'une armée sans artillerie ne peut tenir contre celle qui en possède, ce qui est prouvé par les batailles de Saint-Quentin, de Jarnac, etc.

L'artillerie n'est donc plus un accessoire dans les batailles, mais une arme essentielle pour combattre avec succès. Dans les opérations secondaires, l'artillerie n'est pas moins utile. Le passage de l'Elbe en 1547, par Charles-Quint, en est un exemple remarquable. Les protestants occupaient Mühlberg, sur la rive droite de l'Elbe, et défendaient cette rive par de nombreuses batteries. Charles-Quint s'approche, à la faveur d'un bois, jusqu'au bord de l'eau, éloigne l'ennemi et construit un pont avec ses arquebusiers, soutenus par quelques pièces d'artillerie, sous la protection de leur feu; en même temps la cavalerie traverse la rivière à gué, à quelque distance, fond sur l'ennemi, le renverse et s'empare de toute l'artillerie protestante.

En résumé, les armes à feu portatives ont pris un grand développement dans la cavalerie et dans l'infanterie. Mais en même temps l'artillerie prend une très-grande importance dans les combats. « C'est elle, dit l'auteur des *Études sur l'artillerie*, qui décida la victoire de Marignan; c'est elle qui est au moment de la faire pencher pour nous à Pavie; c'est elle qui assura nos succès à Cerisoles, et qui mieux employée nous eût préservés de la défaite de Saint-Quentin. A Dreux, à Moncontour, elle contribue puissamment à la défaite des Huguenots; à Coutras, au contraire, elle fixe la victoire sous les étendards protestants. »

La tactique des batailles a fait aussi des progrès,

peu de la partialité du gentilhomme pour la cavalerie. Quoi qu'il en soit, sous Henri IV, l'organisation de l'infanterie n'éprouva pas de changements notables ; elle resta, comme sous Charles IX, composée de régiments inégaux en force.

Maurice de Nassau, d'après Réné Lenormant, divisa l'infanterie hollandaise en petits bataillons de cinq cents hommes, dont chacun était composé de cinq compagnies. Chaque compagnie, forte de cent hommes, était commandée par un capitaine, un lieutenant et un enseigne. Il avait en outre trois sergents, trois caporaux, six aides et quarante chefs de file choisis parmi les soldats les plus capables, deux fifres et deux tambours, de sorte qu'il ne restait que 51 simples soldats.

Dans toute l'armée, quelle que fût l'organisation de l'infanterie, le sergent-major, chargé de ranger les troupes, était toujours l'homme indispensable. Montgomery lui assigne le premier rang après le colonel, et le maréchal de Biron cite comme modèle l'organisation des Suisses qui avaient, par régiment, trois sergents-majors ; un pour les piquiers, un pour les hallebardiers et un pour les mousquetaires. L'arrangement des soldats était donc toujours une opération difficile qui exigeait beaucoup de temps.

Gustave-Adolphe fut le premier qui résolut heureusement cette difficulté et employa un procédé simple au moyen duquel chaque soldat put trouver sa place dans les rangs avec facilité. Il parvint à ce

but, en partageant, dit Chemnitz, l'infanterie en régiments ; ceux-ci en compagnies d'égale force, et chaque compagnie en sections et escouades, dont chacune avait son chef de file et de demi-file, « de sorte que chaque simple soldat, sans l'ordre des officiers, connaissait lui-même sa place et la prenait promptement. » Chaque compagnie était composée de 72 mousquetaires et de 54 piquiers.

Huit compagnies formaient un régiment de 1,008 hommes. Deux régiments formaient *une brigade*, d'après Waller Harte (History of Gustavus Adolphus, 1768, London).

Sous Louis XIII, Richelieu, continuant l'œuvre de Charles VII et de Louis XI, s'occupa de donner à l'armée une organisation solide et une discipline sévère. Dès 1628, il en posa la base en assurant la régularité de la solde aux soldats. Il conserva l'organisation régimentaire, mais sans égaliser la force des régiments. Elle variait de 800 à 4,000 hommes, car on lit dans les Mémoires d'Aubery, 1641 : « Le sieur Duglas m'a assuré que son régiment serait en assez bon estat et qu'il ne fera pas loin *de* 800 *hommes;* » on lit aussi, dans le même ouvrage, que « le roy avoit fait avancer les premières troupes de son armée composée du régiment des gardes qui estoit de 4,000 *hommes*, et des Suisses qui estoient de 2,400. »

En 1635, les régiments furent partagés en *batail-*

lons (1). Cette division, d'abord passagère, fut imaginée pour avoir à la guerre des unités tactiques de même force, parce qu'on avait remarqué les inconvénients que les corps inégaux entraînaient dans les diverses formations. Dès lors, dans les armées, on compta l'infanterie par le nombre des bataillons. Les bataillons furent d'abord commandés par les plus anciens capitaines qui conservèrent le commandement de leur compagnie.

Les armes défensives, telles que le corselet, le casque, étaient toujours en grande faveur, le prince de Nassau y ajouta le bouclier circulaire. (*Milice françoise*, par Montgomery, 1615.)

Gustave, tout en reconnaissant l'avantage des armes défensives, pensa qu'un trop grand poids à porter devait nuire à la rapidité des marches, et ne conserva que la cuirasse et le casque (Waller Harte).

Sous Louis XIII, l'infanterie française portait encore le casque et le corselet. D'après Puységur, elle conserva cette armure jusqu'en 1641 ; la bataille de la Marfée, donnée à cette époque, fut la dernière où l'on vit de l'infanterie cuirassée. Les armes défensives furent alors abandonnées définitivement comme étant une charge *inutile* depuis que le perfectionnement des armes à feu portatives permettait de lancer des balles assez grosses pour les percer.

La pique, la hallebarde, surtout dans les batail-

---

(1) Histoire de l'*Ancienne Infanterie française*, p. 220.

lons suisses, l'arquebuse et le mousquet étaient encore, sous Nassau, les armes de l'infanterie. Les proportions de ces diverses armes variaient toujours beaucoup dans les compagnies. Montgomery donne les suivantes : *un quart arquebusiers, un quart mousquetaires,* et *moitié piquiers ;* Billon, au contraire, voulait *un tiers d'armes à feu* et *deux tiers piquiers.*

Gustave augmenta beaucoup la proportion des armes à feu; chaque compagnie avait 72 mousquetaires et 54 piquiers. Les mousquets de Gustave se tiraient à l'épaule et non sur chevalet comme précédemment ; c'était réellement, malgré leur nom, des arquebuses perfectionnées et d'un calibre intermédiaire entre celui des anciennes armes à feu portatives, les arquebuses de 32 à la livre, et le mousquet à fourchette de 8 à 12 à la livre.

Gustave arma quelques compagnies avec le mousquet à rouet (Waller Harte, 1768) ; et remplaça aussi la bandouillère, où les charges étaient attachées avec des cordonnets qui s'embarassaient les uns dans les autres, par la *giberne* où l'on enfermait les cartouches.

Sous Louis XIII, l'infanterie était armée de piques réduites à 14 ou 15 pieds, et de mousquets à fourchette; l'arquebuse avait disparu à cause du peu d'effet qu'elle produisait et était remplacée par le mousquet. Le rapport des armes à feu aux piques était celui de 7 à 3; car, dans une lettre aux maréchaux de Chastillon et de Brézé, en date du 20 juillet 1641, Louis XIII disait : « Il y a *sept cents mousquets* et *trois*

cents piques, à Châlons, pour armer mille soldats. » (*Mémoires* d'Aubery). Dans les mémoires de Sully, le nom de *fusiliers* est déjà donné aux arquebusiers, ce qui prouve qu'alors on se servait du briquet, appelé *fusil*, pour mettre le feu au mousquet. (L.-N.)

En 1646, il est fait mention d'un régiment de *fusiliers*. « Le quartier de Ramzan est composé de six régiments d'infanterie, à savoir : trois de l'armée de M. le maréchal de la Meilleraie et trois de la nostre, d'un *régiment de fusiliers* de S. E. et de deux bons régiments de cavalerie. » (Lettre du maréchal de Chastillon, 22 juin 1640, Mémoires d'Aubery).

Enfin, l'invention qui devait produire une grande simplification dans l'armement et la formation de l'infanterie fut, celle d'un poignard à manche de bois, appelé *baïonnette*, qu'on introduisait dans le canon du mousquet, lequel devenait ainsi propre à produire l'effet de la pique. Le fantassin eut alors une arme capable de remplacer la pique et l'arme de jet; de sorte que la nécessité d'avoir deux spécialités dans l'infanterie, les piquiers et les arquebusiers, disparut au grand avantage de cette arme. Dès lors, la proportion des armes à feu portatives augmenta de plus en plus jusque vers la fin du XVIIe siècle où la pique disparut complétement, malgré les ardents défenseurs de cette arme, pour céder la place à l'arme à feu à baïonnette.

L'ordonnance de l'infanterie subit pendant cette période une révolution complète. Les gros bataillons

disparaissent et sont remplacés par des lignes d'un front étendu et d'une faible profondeur.

Maurice commence cette révolution en rangeant les troupes sur 10 rangs; mais il pouvait aussi, par la disposition qu'il avait adoptée, doubler facilement le front en doublant le nombre de files, soit quand on en venait aux mains, soit pour éviter les effets du canon (René le Normand). On voit aussi, dans un manuscrit de Jacob-St-Honoré, que les troupes commençaient à passer de l'ordre en bataille à celui en colonnes par de simples conversions et réciproquement, invention bien importante pour manœuvrer rapidement devant l'ennemi.

Gustave amincit encore l'ordonnance de l'infanterie. Il adopta l'ordre sur *six rangs*, qu'il réduisait encore; car « lorsque le combat commençait, on doublait les files, de sorte qu'ils (les soldats) ne se trouvaient plus que *sur trois* de hauteur. De cette manière, le canon ne faisait pas beaucoup d'effet et les derniers rangs pouvaient, comme les premiers, employer leurs armes contre les ennemis. Le premier rang se mettait à genoux, le second se penchait, et le troisième restait debout, et, de cette manière, les trois rangs pouvaient faire feu; il avait inventé une nouvelle manière de ranger l'infanterie, afin que les mousquetaires fussent à l'abri des piques et que ceux-ci, à leur tour, fussent à l'abri des premiers. » Chemnitz, 1648).

Castelnau dit que les mousquetaires, pour faire

feu, passaient par les intervalles qui séparaient les piquiers, par files et par rangs (*Maréchal de Bataille* 1640), d'où il semble résulter que les piquiers étaient rangés en avant des mousquetaires pour les protéger contre la cavalerie, et que ceux-ci entraient par files dans les vides laissés entre celles des piquiers, de sorte que l'ordonnance de l'infanterie aurait compris des files alternatives de piquiers et de mousquetaires.

Sous Louis XIII, l'infanterie française se rangeait *sur huit ou dix hommes de profondeur*, d'après le *Maréchal de Bataille*. Cependant on avait de la tendance à imiter l'ordonnance suédoise; car on lit, dans les *Maximes observées au régiment des Gardes du Roy par le commandant de Sa Majesté* et rapportées dans le manuscrit de cet ouvrage; «les bataillons de *six à huit de haut*, le Roy approuve le plus la *hauteur de six.* »

Ainsi, à l'époque à laquelle nous sommes arrivés, l'infanterie a adopté une organisation et une ordonnance peu différente de celle de nos jours ; elle sait passer de l'ordre en bataille à l'ordre en colonne, et réciproquement. Elle peut donc manœuvrer sur le champ de bataille et se prêter aux diverses formations et aux mouvements nécessaires à l'exécution des plans conçus par les généraux.

Pendant cette période, la proportion de l'infanterie à la cavalerie est très-grande. Cette arme forme au moins les *deux tiers* et, au plus, les *cinq sixièmes* des armées ; car, à Nieuport, l'archiduc avait 10,000 fantassins et 1,500 cavaliers ; à Ivry, Henri IV avait

8,000 hommes de pied et 3,000 chevaux, et la ligue 12,000 fantassins et 4,000 chevaux; enfin l'armée impériale, à Prague, avait exceptionnellement 12,000 fantassins et 8,000 cavaliers. Nous citons seulement ces exemples qui présentent les limites entre lesquelles variait la proportion de l'infanterie qui était généralement les *trois quarts* ou les *quatre cinquièmes* de l'armée.

§ 2. *Cavalerie. — Organisation. — Armement. — Ordonnance.*

La cavalerie subit pendant cette période de grandes transformations dans son organisation, son armement et son ordonnance. A la fin de cette période elle est enrégimentée et n'a plus aucun rapport avec les anciennes compagnies d'ordonnance.

Sous Henri IV, il y avait trois espèces de cavaliers, les arquebusiers à cheval ou carabins, les gendarmes et les chevau-légers, « qu'on appelait en ce temps-là dragons,» dit la *Chronique Novenaire de Palma Cayet*, 1590, liv. IV, p. 375. L'organisation était celle du règne précédent, c'est-à-dire que la cavalerie était composée de compagnies formant ce corps. Les compagnies étaient encore de force variable selon l'espèce de cavalerie, et le rang du capitaine.

En effet, Montgomery, dit dans la *Milice française* (1615.) : « Les compagnies de gendarmerie

étaient de 200 maîtres pour les princes, officiers de la couronne et gouverneurs des provinces, et pour les autres de 100, chaque compagnie divisée en quatre brigades... Les compagnies de chevau-légers étoient de cent maîtres et chaque compagnie avait cinquante carabins. »

Billon, dans ses *Institutions militaires* (1617) expose les causes de la création de ces trois espèces de cavalerie, qu'il voudrait réduire à deux comme en Hollande : « Nos roys ont voulu depuis un long temps se servir de trois sortes de gens de cheval, gens d'armes, chevau-légers et arquebusiers à cheval, afin que pour la première espèce ils contentassent les grands seigneurs et par la seconde les autres moindres gentilshommes ou gens de mérite, et les arquebusiers à cheval ont toujours servy pour gaigner les passages, courir au loing et faire toutes sortes de corvées. Mais ceste troisième *est inutile, parce qu'ils n'oseroyent se mesler parmy la cavalerie et ne peuvent rendre nul bon combat à pied, n'ayant ny piques, ni cuyrasses, ni morions*, si ce n'est parmy quelque haie ou un passage bien fortifié, *encore ne font-ils pas grand effet avec leurs petites arquebuses*. Mon opinion est donc qu'*il ne faudrait que deux sortes de gens à cheval* que j'ay dit, *gendarmes* et *carabins*; car les gens d'armes feroyent le même office et rendroyent le mesme service qu'ils sont accoutumés; et les carabins combattroyent aussi partout où il seroit besoin à cheval soit au mesme ordre que les

gens d'armes, ou bien au costé, ou à la teste de leurs escadrons rangez en un rang ou deux, ou en deux files pour tirer faisant le caracol par-devant les ennemis. Les dit carabins peuvent, outre cela, faire l'office des chevau-légers et des arquebusiers à cheval tout ensemble en quelqu'action de guerre que ce soit.... Pour faire les grandes corvées, escalades et convois, pour garder les passages ou les gaigner, pour mettre pied à terre la plus part d'iceux à attaquer, desfendre contre l'ennemy. Les carabins dont je parle s'appèleront, si l'on veut, chevau-légers, puisqu'on trouve ce nom plus honorable. » Cette idée avait été réalisée en Hollande par les princes de Nassau. Ils avaient deux espèces de cavalerie, les gendarmes et les carabins, organisée chacune en *régiments*. Chaque régiment était composé de quatre cornettes de 100 chevaux chacune, qu'on formait en deux escadrons. Les carabins mettaient souvent pied à terre pour combattre, comme en France; aussi René le Normand dit, « qu'un capitaine de carabins doit connaître les fonctions de capitaine d'infanterie. »

Gustave-Adolphe organisa, *d'après le soldat suédois* (1643), sa cavalerie en régiments, composés d'un nombre de cornettes variant de huit à vingt-quatre. La force d'une cornette variait de cent à cent vingt chevaux.

En France, sous Louis XIII, la cavalerie fut réorganisée en régiments composés de compagnies de 90 à 100 maîtres, et chaque régiment eut des compagnies

de mousquetaires à cheval. Louis XIII arma aussi de mousquets le régiment de cavalerie de sa garde qui devint bientôt fameux sous le nom de mousquetaires. Les mousquetaires de ce régiment faisaient le service à pied et à cheval. Enfin en France, en 1635, on créa des régiments entiers de dragons destinés à faire le service à pied et à cheval, contrairement au but de leur institution première ; car en Allemagne, où elle avait pris naissance, les dragons étaient exclusivement employés comme fantassins, ne montant à cheval que pour se transporter rapidement d'un lieu à un autre. « A notre avis, remarque l'auteur *des Etudes sur l'artillerie*, c'est là un des grands avantages que peut offrir cette arme. » Vers le milieu du règne de Louis XIII, les derniers vestiges de l'organisation des armées féodales disparaissent avec les *lances fournies ;* chaque cavalier n'a plus qu'un cheval ; car Fontenay Mareuil dit : en parlant d'un combat en 1615 : « Sy les cavaliers *n'eussent eu qu'un cheval, comme ceux de ce temps-cy*, il n'y en auroit pas eu pour un mois. »

En Allemagne, on avait tiré un grand parti des Croates et des hussards, troupes de cavalerie sans armes défensives et très-légères. Ce fut la cause qui fit introduire en France cette nouvelle cavalerie, mais on modifia son armement ; car on lit à ce sujet dans une lettre du cardinal de Richelieu, extraite des Mémoires du sieur Aubery en 1640 : « Outre cela, nous allons faire 2,000 chevaux de la nouvelle cavalerie, dont vous m'avez escrit, qui n'aura que la cui-

rasse, une bourguignotte qui couvre les joues et une barre sur le nez, une carabine et un pistolet. Je crois qu'on appellera cette cavalerie, *cavalerie hongroise*. »

Voilà donc les compagnies de cavalerie organisées aussi en régiments comme celles d'infanterie. Comme dans cette dernière arme, chaque régiment était commandé par un mestre du camp, et depuis cette époque l'organisation régimentaire n'a cessé d'exister.

Montgomery (*Traité de la milice*) arme les gendarmes de toutes pièces et fait protéger leurs chevaux par des chanfreins et des écussons devant le poitrail.

Les chevau-légers étaient aussi couverts d'armures défensives, mais très-légères, excepté la cuirasse qui était à l'épreuve de la balle d'arquebuse.

D'après le même écrivain, le carabins étaient armés chacun d'un cabasset pour la tête, d'une cuirasse échancrée à l'épaule droite pour laisser viser, et d'un gantelet à coude pour la main de la bride. Cependant, il n'est pas bien certain que les carabins fussent revêtus d'une armure; car Billon dit en parlant d'eux : « Cette espèce est inutile n'ayant ni piques, ni cuirasses ni morions. »

Toutefois, il paraît que sous Louis XIII, les carabins portaient encore quelquefois des armures défensives. On lit en effet dans une lettre du maréchal de Châtillon écrite en 1638, qu'on « a délivré deux cent cinquante paires d'armures aux carabins. » Néanmoins, la cavalerie se débarrassait de plus en plus des

armures lourdes et gênantes, c'était surtout par économie qu'elle les abandonnait; car on lit dans une lettre du maréchal de Châtillon en 1634 : « Nos cavaliers refuseront d'en prendre (des armures) si l'on vient à les desduire sur leurs monstres (solde), et c'est ce qui a déjà empesché nostre cavalerie d'estre armée. » (Aubery). Louis XIII fut même obligé, pour forcer la cavalerie à se revêtir d'armures, de déclarer que tous les cavaliers qui ne se couvriraient pas d'armures défensives seraient dégradés et déchus de leur noblesse. Ces faits importants sont mis hors de doute par l'extrait suivant d'une lettre de M. Desnoyers au maréchal de Châtillon en 1638 : « Le roy désire aussi que vous fassiez que Messieurs les intendans distribuent à la cavalerie françoise les armes qui sont à Monstreuil, *obligeant les cavaliers à les porter à peine d'estre desgradez de noblesse.* » Ainsi la fatigue que causaient les armes défensives, et surtout la dépense qu'elles occasionnaient ont autant contribué que les armes à feu à les faire abandonner. Les précieuses citations extraites des *Études sur l'artillerie* en fournissent des preuves irrévocables.

En France, la cavalerie avait abandonné la lance depuis la fin des guerres civiles. Cependant plusieurs puissances la conservaient encore. Ainsi, selon d'Avila, les escadrons espagnols et italiens qui servaient comme auxiliaires dans l'armée de la Ligue, étaient armés de lances.

Montgomery donne pour armes offensives à la

gendarmerie l'escopette, au lieu de la lance, le pistolet, l'estoc, épée longue, roide et sans tranchant, et un fort maillet.

Les chevau-légers étaient armés comme les gendarmes, moins l'escopette.

Les carabins avaient une escopette *longue de trois pieds et demi*, le pistolet et l'épée.

La cavalerie conserva cet armement pendant tout le règne de Louis XIII. Ainsi, pendant cette période, les armes à feu font essentiellement partie de l'armement de la cavalerie. L'épée longue, droite et roide, a remplacé définitivement la lance, mais c'était plutôt un effet des circonstances qu'un progrès réel; car on verra reparaître la lance dans les siècles suivants.

L'ordonnance de la cavalerie passe de l'ordre profond à l'ordre mince, comme y est passée celle de l'infanterie; c'est le canon, qui, par ses ravages, a produit cette révolution.

Henri IV rangeait les gendarmes sur *cinq et dix rangs de profondeur*, selon la force de la compagnie « pour l'ordre du combat, dit Montgomery; chaque brigade doit se mettre *cinq à cinq* qui sera pour la compagnie de deux cents hommes d'armes: vingt de front et *dix rangs*. »

Chaque compagnie de chevau-légers avait les carabins à sa gauche rangés sur trois rangs: « Les chevau-légers sur quinze de front et *sept ou huit rangs*. Les deux quadrilles de carabins sur la main gauche *trois à trois*. »

Cependant Henri IV, reconnaissant par expérience la difficulté de mouvoir de gros escadrons de 1,500 à 2,000 chevaux, les réduisit à 600 et amincit leur ordonnance jusqu'à *cinq rangs* : « A Ivry, dit Palma Cayet, 1590, le cinquième escadron estoit celui du roi qui faisoit *cinq rangs*, en chascun desquels il y avait six-vingt chevaux, de sorte qu'il estoit de six cents bons chevaux. »

Cette formation sur cinq rangs n'était pas généralement en usage, puisque Montgomery en décrit une autre, et que Billon parle d'une ordonnance d'après laquelle on rangeait la cavalerie de manière que la profondeur était le *quart du front* : « Ainsi, dit l'auteur des *Études sur l'artillerie,* un escadron de 100 chevaux eût eu vingt chevaux de front *sur cinq rangs* et un escadron de 200 chevaux, vingt-neuf chevaux *sur sept rangs*. Cette conclusion résulte de l'hypothèse qu'on établissait le rapport du front à la profondeur d'après le nombre des chevaux. Mais si on admettait que le rapport du front à la profondeur était celui des espaces de terrain réellement occupés, on arriverait à une ordonnance beaucoup plus mince. En effet, comme un cheval occupe en profondeur trois fois plus d'espace que de front, il en résulterait qu'une compagnie de 100 hommes d'armes aurait été rangée sur 33 de front et 3 de profondeur, et qu'une de 200 aurait eu 48 files et 4 rangs.

Nassau rangeait sa cavalerie sur *cinq rangs* au plus, « qui est le nombre de hauteur que les Hol-

landais donnent aux plus forts escadrons. » (René le Normand.) Le roi de Suède réduisit encore cette profondeur qu'il trouvait inutile.

Gustave, dit Chemnitz, « plaçoit sa cavalerie sur *trois hommes* de hauteur ; elle devait tomber droit sur l'ennemi, le renverser par son choc. »

L'auteur *des Études sur l'artillerie* donne au lecteur de curieux renseignements sur la manière dont la cavalerie chargeait alors en France et en Suède.

« Les gendarmes, dit Montgomery, doivent aller au pas jusqu'à cent pas de l'ennemi, puis au trot jusqu'à vingt-cinq ou trente; alors ils tireront l'escopette, puis chargeront à toute bride le pistolet à la main, en tirant à bout portant au-dessous du bord de la cuyrasse. Le second rang tire entre les premiers; si le troisième ne peut pas tirer, ils peuvent s'entre-bailler, de main en main, les escopettes et les pistolets, comme il fut fait à Arques où nos chevau-légers s'entre-baillèrent les pistolets par-dessus l'épaule, pour tuer les ennemys qui estoient meslés parmi eux. »

La division de la cavalerie en petits escadrons, beaucoup plus maniable que les gros escadrons en usage, ne tarda pas à être appréciée par les gens de guerre. Montgomery dit à ce sujet : « On a enfin reconnu qu'il vaut mieux que la cavalerie charge en petites troupes qu'en gros escadrons, car chaque chef peut alors répondre de ses soldats, etc. » D'après le même écrivain, la disposition adoptée par Biron pour combattre les reîtres, qui chargeaient

toujours en masse, consistait à disposer la cavalerie sur quatre rangs, distants de soixante pas l'un de l'autre, le dernier étant presque deux fois plus fort que les précédents, à laisser les reitres arriver au quatrième rang, puis à les charger de face, de flanc, et par derrière avec ce qui restait des escadrons traversés.

La cavalerie de Gustave se précipitait sur l'ennemi pour le renverser par son choc. « Le premier rang, dit Chemnitz, et au plus le second, devaient faire feu, *seulement quand ils pouvoient distinguer le blanc des yeux des ennemis,* ensuite ils devaient mettre le sabre à la main. Le troisième rang, au contraire, ne devait pas tirer mais avoir l'épée à la main et conserver les deux pistolets en réserve pour la mêlée. Les deux premiers rangs conservaient un pistolet dans le même but.

Ainsi, à l'époque à laquelle nous sommes arrivés, l'organisation de la cavalerie, son armement, son ordonnance réduite à cinq et à trois rangs, enfin sa manière de charger, diffèrent peu de ce qui existe de nos jours.

Pendant cette période, la proportion de la cavalerie, assez forte dans les petites armées, surtout dans les armées de Henri IV où elle a atteint les *deux cinquièmes en* 1590, était généralement renfermée entre *un tiers et un cinquième.* Elle est même descendue à *un septième* comme dans l'armée du prince de Nassau. De sorte que les limites extrêmes de la proportion de cavalerie sont *deux cinquièmes et un septième.* (*La suite au prochain numéro*).

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA MESURE DE LA

VITESSE DES PROJECTILES

Par NAVEZ,

Capitaine commandant à l'État-major de l'artillerie Belge.

I.

Nous allons entreprendre la relation et l'examen des essais faits en Belgique et dans quelques autres pays, pour appliquer l'électricité aux expériences de balistique. Nous déduirons de la discussion de ces essais, les principes sur lesquels doivent être fondés les appareils destinés à la mesure de la vitesse des projectiles au moyen du fluide électrique, et nous terminerons en faisant voir comment ces principes ont servi de base à la construction de notre appareil électro-balistique adopté depuis plusieurs années par l'artillerie belge.

II.

Il est peu de parties des arts ou des sciences auxquelles l'artillerie n'emprunte quelque procédé qui

concourt, plus ou moins directement, au but définitif vers lequel tendent ses moyens d'action. — Le fluide électrique, cet agent mystérieux dont le rôle immense est encore imparfaitement connu, sera, sans nul doute, employé par l'artillerie à de nombreuses applications. Déjà, depuis longtemps, la possibilité de remplacer avec avantage dans presque tous les cas, les anciens moyens de communication du feu aux mines, par l'effet de la pile, a été constatée; la lumière électrique, dont un réflecteur parabolique dirigera les rayons parallèles, sera probablement employée à éclairer les environs des places assiégées. — L'art de précipiter les métaux sur les métaux par l'électricité aidera à la conservation de certains objets et la galvano-plastie, mettant en œuvre le cuivre et l'étain extraits des minerais par des procédés électro-chimiques, nous fournira peut-être un jour des pièces en bronze identiques entre elles, tant sous le rapport des formes que sous celui de l'alliage.

Puis, quand des sources économiques d'électricité auront été trouvées, on verra disparaître de nos usines ces énormes et dangereux générateurs de vapeur, dont les explosions ont toujours des résultats si désastreux; des moteurs électro-magnétiques remplaceront alors nos machines à vapeur.

Nous pourrions remplir plusieurs pages de la nomenclature des applications du fluide électrique à l'artillerie : quelques-unes de ces applications sont pratiquement possibles dès à présent, d'autres atten-

dent des perfectionnements qui les fassent passer du laboratoire du chimiste ou du cabinet du physicien dans une de nos usines militaires. Parmi les premières, celle qui a pour objet la mesure de temps très-petits, offre surtout beaucoup d'intérêt à cause des services qu'elle a déjà rendus dans les expériences de balistique.

L'artillerie possède différents appareils destinés à mesurer la vitesse des projectiles que lancent ses bouches à feu. Mathey, Grobert, Robins, M. Debooz, en ont imaginé qui fournissent des résultats plus ou moins exacts. — Entre ces appareils, le pendule balistique de Robins tient à juste titre le premier rang; cependant il laisse à désirer sous beaucoup de rapports.

Pour qu'un appareil destiné à mesurer la vitesse des projectiles fût parfait, il devrait (indépendamment des conditions d'un usage facile et peu coûteux), permettre d'obtenir avec une grande précision les variations de la vitesse du mobile, depuis son point de départ au fond de l'âme, où cette vitesse est nulle, jusqu'au point de chute. — Cet appareil-type fournirait non-seulement les données nécessaires au calcul des trajectoires et des effets dont les projectiles restent capables aux différentes distances du tir, mais encore celles concernant la variation de la force motrice dans les bouches à feu, ce qui serait fort utile pour établir la construction de ces dernières sur des bases certaines.

Le pendule balistique de Robins est loin de satisfaire d'une manière complète aux conditions générales que nous venons de poser, et qui constituent un type vers la réalisation duquel nos recherches théoriques et expérimentales doivent tendre. Cependant, comme nous le ferons voir dans la suite, il résulte d'expériences ayant pour objet la comparaison de notre appareil électro-balistique avec le pendule balistique, que ce dernier fournit aussi des résultats assez exacts. — On est parvenu à obtenir directement la preuve de ce fait en renfermant les vitesses réelles entre des limites maxima et minima, accusées respectivement par l'appareil électro-balistique et le pendule de Robins. — Mais, lorsqu'il s'agit de mesurer les vitesses conservées à des distances assez considérables de la bouche à feu; quand il est nécessaire de connaître la vitesse initiale d'un projectile tiré sous un angle d'élévation ou de dépression; quand il est utile que le projectile puisse produire un effet déterminé, après avoir accusé la vitesse dont il est animé, comme le cas se présente dans le tir des Shrapnells, alors le pendule de Robins est insuffisant et c'est au fluide électrique qu'il faut demander des moyens d'investigation plus puissants.

III.

M. l'abbé Moigno, dans son *Traité de télégraphie électrique* (2e édition, page 132), s'exprime en ces

termes au sujet de l'application de l'électro-magnétisme à la mesure de temps très-courts : « Il est un « fait qui doit dominer la longue discussion que cette « application nouvelle va souveler, c'est que dès 1840, « M. Wheatstone a fait annoncer par M. Quetelet, « dans une des séances de l'académie de Bruxelles, « que, par une extension du mécanisme de son té- « légraphe électrique, il avait trouvé le moyen de « mesurer la durée des phénomènes qui se produi- « sent dans un temps très-court, la vitesse des pro- « jectiles, etc. »

Nous reconnaissons avec M. l'abbé Moigno que M. Wheatstone a eu le premier l'idée de la belle application dont il est ici question. Mais la communication faite à l'académie à Bruxelles par le savant physicien anglais, date de 1840; depuis, MM. de Constantinoff, Bréguet, Martin de Brettes, Siemens, Hartman, Hoffman, Lhéonard, etc., se sont occupés de cette application de l'électricité, en Russie, en France, en Prusse; et cependant, malgré les recherches que nous avons faites, nous n'avons trouvé nulle part des résultats d'expériences balistiques entreprises au moyen d'un appareil électrique reconnu de bon service par l'artillerie.

Lorsqu'on lit dans les comptes rendus de l'académie des sciences de France les descriptions des appareils électro-balistiques imaginés par MM. Wheatstone et Konstantinoff; quand on prend connaissance des projets publiés dans le *Journal des Armes spéciales*,

par le capitaine Martin de Brettes; lorsqu'on sait enfin que la savante artillerie prussienne s'est occupée de ces appareils, on est étonné que la question de l'application de l'électricité aux expériences de balistique n'ait pas déjà depuis plusieurs années reçu une solution sinon complète, au moins acceptable. — Mais si, ne se bornant pas à des recherches spéculatives, on passe à l'exécution pratique, l'étonnement cesse, car on ne tarde pas à s'apercevoir que l'on parcourt une voie parsemée d'écueils; les difficultés surgissent de toutes parts : on comprend alors qu'il a fallu du temps et du travail pour rendre fécondé, dans les expériences d'artillerie, la belle idée de M. Wheatstone.

IV.

Avant de nous engager dans la description et l'examen des appareils électro-balistiques, nous croyons nécessaire d'indiquer sommairement au lecteur quels sont les principaux principes de physique, concernant l'électricité, qu'il doit se rappeler pour bien comprendre le sujet que nous traitons. Il est d'ailleurs indispensable de fixer le sens de quelques expressions dont nous ferons un fréquent usage.

Un courant électrique qui agit par *influence* sur un morceau de fer ou d'acier, en détermine l'aimantation. — Quand on fait usage de fer *doux*, l'aimantation est plus facilement déterminée que lorsqu'il s'agit

de rendre magnétique l'acier, et surtout l'acier trempé dur; mais, dans le premier cas, l'aimantation n'est que temporaire et cesse avec la cause qui l'avait produite, tandis que dans le second, elle est permanente. — Les fers les plus doux du commerce ne sont pas entièrement exempts de force *coercitive*, c'est-à-dire de la propriété de conserver l'aimantation.

On multiplie l'action d'un courant, en le faisant circuler, suivant une hélice, autour du morceau de fer dont il doit déterminer l'aimantation. Il faut à cet effet isoler latéralement les unes des autres, par l'interposition d'un corps non conducteur, les différentes révolutions du fil métallique, ordinairement en cuivre rouge, dans lequel circule le fluide électrique; on y emploie le plus souvent la soie ou le coton enduit de vernis.

Ainsi donc *l'électro-aimant* ou aimant *temporaire*, est nécessairement composé d'une pièce en fer doux entourée de circonvolutions d'un fil métallique recouvert d'une substance isolante. — On enroule souvent le fil métallique sur un tuyau cylindrique en métal non susceptible d'aimantation par l'influence du courant (zinc, laiton); le fil enroulé sur ce tuyau constitue ce qu'on appelle une *bobine*. — La pièce en fer doux d'un aimant temporaire peut être droite ou recourbée en fer à cheval, de manière à agir en même temps par ses deux *pôles* sur une autre pièce en fer doux à laquelle on donne le nom de *contact*. Nous verrons que chacune de ces dispositions principales de l'électro-aimant

donne à ce dernier des propriétés particulières, qu'il importe de bien distinguer pour les prendre en considération dans la combinaison d'un appareil électro-balistique.

On donne le nom générique de *disjoncteur* aux instruments qui ont pour objet de rompre la continuité d'un courant galvanique. Nous emploierons souvent le mot *disjonction* pour exprimer l'action de rompre la continuité du courant.

Nous donnerons le nom de *conjoncteur* aux instruments qui ont pour objet de rétablir systématiquement la continuité dans un circuit qui se trouvait ouvert.

On entend par *commutation* le renversement d'un courant dans un fil conducteur. Si, lorsqu'on donne lieu à une commutation, la bobine d'un électro-aimant fait partie du circuit, il arrive que les pôles de l'aimant temporaire sont renversés, c'est-à-dire que le pôle nord devient le pôle sud, et réciproquement. — Les instruments qui servent à produire des commutations prennent le nom de *commutateurs*.

Nous emploierons les expressions *d'aimantation suffisante* et de *désaimantation suffisante*, pour indiquer les degrés d'aimantation nécessaires pour qu'un électro-aimant, entrant dans une combinaison mécanique, fasse jouer son contact.

La puissance magnétique d'un électro-aimant, lorsque la masse et la forme de la pièce en fer doux sont déterminées, dépend de l'intensité du courant électrique et du nombre de circonvolutions du fil conduc-

teur ; il existe certains rapports entre les éléments qui constituent l'aimant temporaire, plus avantageux que d'autre. — Pour une source constante d'électricité l'intensité du courant est en raison directe de la section du fil conducteur et en raison inverse de la longueur de ce même fil, déduction faite de la *résistance* qu'oppose la pile au passage du courant. On peut donc modifier à volonté la puissance d'un électro-aimant en introduisant des résistances dans le circuit du courant qui l'active ; ces résistances sont ordinairement obtenues par l'augmentation de la longueur du fil conducteur. — Le *rhéostat* est un appareil qui permet de faire varier l'intensité d'un courant d'une manière lente et continue ; il est avantageusement employé pour régler les courants ; voici en quoi consiste cet ingénieux instrument : la pièce principale est un cylindre en bois bien sec, monté sur un axe, et sur la surface duquel on a creusé une rainure en hélice ; un fil de cuivre est enroulé snr le cylindre en suivant la rainure dans laquelle il est encastré. Ce fil communique par une de ses extrémités avec un anneau en cuivre concentrique à l'axe du cylindre et sur lequel appuie un ressort. Un second ressort est susceptible de se mouvoir parallèlement à l'axe du cylindre en appuyant sur le fil de cuivre ; il est, à cet effet, guidé par une tringle disposée parallèlement au cylindre. Quand on fait aboutir le courant électrique à chacun des deux ressorts du rhéostat, le circuit se trouve complété par la portion du fil de l'appareil comprise entre

les ressorts, et il suffit de faire tourner le cylindre pour augmenter ou diminuer, suivant le sens de la rotation, cette portion du fil.

Lorsqu'un circuit est composé de fils unis bouts à bouts et qui opposent des résistances différentes au passage du fluide électrique, l'intensité du courant est la même pour tous les points du circuit.

Un courant électrique éprouve toujours une certaine difficulté à passer d'un conducteur dans un autre ; cette difficulté équivaut à une augmentation de résistance du circuit et a, par conséquent, pour résultat une diminution de l'intensité du courant.

L'aiguille aimantée, lorsqu'elle est soumise à l'influence d'un courant électrique, dévie de sa position et tend à se placer à angle droit sur la direction du courant. La déviation étant d'autant plus grande que le courant est plus intense, cette propriété donne le moyen de comparer les intensités des courants et d'observer les variations qu'elles subissent. Les instruments qui ont été imaginés pour servir à mesure les intensités des courants par la déviation de l'aiguille aimantée prennent la dénomination générale de *rhéomètres*. Nous donnerons spécialement le nom de rhéomètre à une boussole sous le pivot de laquelle passe un seul fil de cuivre destiné au passage du fluide électrique. — Quand on a besoin d'un instrument plus sensible que ce rhéomètre, on en modifie la construction en faisant passer un grand nombre de fois le circuit autour d'une chape dans l'intérieur de

laquelle se trouve l'aiguille aimantée. Cette disposition a pour effet de multiplier l'action déviatrice du courant ; elle a fait donner le nom de *multiplicateurs* aux rhéomètres construits d'après ce principe. — Pour procéder aux investigations qui exigent l'emploi d'un rhéomètre extrêmement sensible, on remplace l'aiguille du multiplicateur par un système de deux aiguilles *compensées* à peu près *astatiques*, et placées de manière à être déviées dans le même sens par l'action du courant, bien que leurs pôles de noms contraires soient en regard.

Les intensités des courants ne sont pas proportionnelles aux déviations angulaires de l'aiguille d'un rhéomètre; la relation qui existe entre l'intensité du courant et la déviation de l'aiguille dépend de la construction particulière de l'instrument.

La *tension* d'une pile dépend, toutes choses égales d'ailleurs, du nombre de couples, en *série*, dont elle est composée. C'est la tension de la pile qui fait franchir la résistance du circuit par le courant. Aussi la mesure des courants se trouve-t-elle dans la résistance qu'ils peuvent vaincre, et l'on peut adopter, pour *unité de résistance*, une longueur déterminée d'un fil métallique dont la section et la conductibilité sont connues. — C'est par la comparaison des intensités que conservent les courants après avoir surmonté des résistances connues, que l'on parvient à calculer les effets magnétiques sur lesquels on doit compter dans les circonstances données.

Lorsqu'un fil conducteur est mal *isolé*, il y a fermentation de courants *dérivés*, et, par suite, affaiblissement du courant principal dans une partie du circuit.

On donne lieu à un courant dérivé en déviant une partie du courant principal au moyen d'un fil conducteur. Les intensités des courants dans le fil principal et dans le fil déviateur, sont en raison inverse des résistances qu'ils rencontrent et que l'on peut facilement comparer.—Quand il s'agit de mesurer des courants très-intenses, au moyen d'un rhéomètre dont la sensibilité est grande, on facilite l'opération en faisant passer par le fil du galvanomètre un courant dérivé au lieu du courant entier.

Quand deux fils conducteurs sont rapprochés l'un de l'autre sans être en contact, il suffit d'envoyer un courant dans un des deux, pour déterminer un courant *temporaire* dans l'autre, si ce dernier forme un circuit complet. Un phénomène analogue se présente lorsque l'on produit une disjonction dans celui des deux fils en communication avec la pile. Les courants ainsi déterminés prennent la dénomination de courants d'*induction*. — Lorsque les deux fils sont enroulés en bobine, les phénomènes d'induction sont beaucoup plus intenses que quand les fils sont disposés en ligne droite, parce que, dans le premier cas, toutes les parties du fil induit se trouvent sous l'influence de chaque portion du fil inducteur.

Il suffit d'opérer une disjonction dans un circuit pour donner lieu à un courant d'induction *direct*,

c'est-à-dire cheminant dans le même sens que celui qui circulait dans le circuit avant la disjonction ; ce courant est dû à l'effet inducteur du premier courant sur le fil même qui le conduisait.

On fut longtemps sans pouvoir déterminer avec quelque exactitude la vitesse de propagation du fluide électrique. Dans ces derniers temps, l'établissement des grandes lignes télégraphiques mit à la disposition des expérimentateurs des conducteurs dont le développement considérable facilita la solution de cette question. — Lorsqu'on chercha, en Amérique, à employer le télégraphe électrique à la détermination des longitudes, on s'aperçut que le temps nécessaire à l'électricité pour se propager dans le fil conducteur n'était pas toujours négligeable, et que la vitesse de propagation du fluide électrique était beaucoup moins considérable qu'on ne le croyait d'après les expériences de M. Wheatstone sur l'électricité de tension. — Les expériences sur la vitesse de propagation de l'électricité, faites en Amérique par M. Walker, ayant soulevé des objections, MM. Fizeau et T. Gounelle en entreprirent d'autres au moyen des fils des télégraphes de Paris à Rouen et de Paris à Amiens. Ces habiles expérimentateurs trouvèrent que la vitesse de propagation du fluide électrique diffère d'après la matière du fil conducteur ; qu'elle paraît indépendante de la section de ce fil et qu'elle est d'environ 180,000 kilomètres par seconde, lorsqu'on fait usage d'un conducteur en fil de cuivre.

V.

Lorsqu'en 1840 nous étions attaché à la manufacture royale d'armes de guerre, à Liége, cet établissement ne possédait pas encore le pendule balistique dont il fut doté plus tard; et comme les nombreuses expériences qui y étaient exécutées rendaient indispensable un appareil propre à mesurer les vitesses des projectiles on résolut d'essayer celui proposé en France quelques années auparavant, par M. le colonel d'artillerie Debooz (en attendant qu'un pendule balistique pût être établi). — Nous entrerons dans quelques détails sur l'ingénieux appareil de M. Debooz, parce que des recherches qui ont eu pour but de l'améliorer, ont amené les premières tentatives faites en Belgique pour l'application de l'électricité à la mesure de la vitesse des projectiles, et que ces tentatives ont fourni des résultats intéressants comme sujets d'étude.

Voici en quoi consiste le procédé dû à M. Debooz : A 50 mètres environ de la bouche du canon se trouve un écran fixe devant lequel on suspend une planchette au moyen d'une ficelle passant sur deux poulies de renvoi qui la dirigent jusque devant et contre la bouche de l'arme. Un poids suspendu à l'extrémité de cette ficelle fait équilibre à la planchette qu'il maintient ainsi devant l'écran fixe et à une hauteur déterminée, Le projectile, en sortant du canon, coupe la ficelle; le poids tombe et la planchette commence son mouvement de chute verticale; elle est bientôt ren-

contrée par le projectile qui la traverse à peu près en même temps qu'il passe à travers l'écran fixe dont elle est très-rapprochée. Les traces du passage du projectile à travers l'écran et la planchette donnent le moyen de mesurer la hauteur de chute de celle-ci, depuis sa position initiale jusqu'au point où elle se trouvait au moment de la rencontre. Or, le temps qui correspond à cette hauteur de chute, et que l'on obtient par la formule exprimant la loi de la chute libre des corps dans le vide, est égal à celui employé par le projectile pour franchir l'espace compris entre le point où il a coupé la ficelle et celui où il a rencontré la planchette mobile, soit 50 mètres. — M. Debooz obtient la vitesse moyenne du projectile entre ces deux points, en divisant l'espace parcouru par le temps employé pour le franchir (*Voir le Journal des Armes spéciales*, année 1838).

L'exemplaire de cet appareil, dont nous avons fait usage, avait été établi avec beaucoup de soins. L'écran fixe et l'écran mobile étaient garnis de feuilles de carton de pâte dans lesquelles la balle laissait des traces assez nettes de son passage. Les côtés des écrans étaient divisés en millimètres. Pour relever les hauteurs des points d'impacts, on introduisait un cylindre en fer du même diamètre que la balle dans le trou fait par cette dernière ; puis on faisait glisser jusque contre ce cylindre une règle en bois, bien dressée, dont les extrémités munies de verniers, donnant le dix-millimètre, correspondaient avec les divisions tracées

sur les côtés de l'écran. — Nous pouvions obtenir ainsi la hauteur de chute de l'écran mobile, à moins d'un millimètre près.

L'appareil accusait une vitesse initiale de 525 mètres pour la balle lancée par le fusil d'infanterie avec la charge de dix grammes de poudre à mousquet. Cette vitesse était calculée en tenant compte de la résistance de l'air au moyen des formules de balistique applicables aux trajectoires rasantes : elle parut trop forte. Les résultats fournis par cet appareil présentaient beaucoup d'anomalies. — Des améliorations de détails furent apportées au système de suspension de l'écran mobile : elles eurent peu de succès.

L'exagération des vitesses accusées par l'appareil de M. Debooz nous porta à penser que la chute de l'écran mobile était retardée par suite de l'inertie de la ficelle et du frottement des poulies ; alors l'idée nous vint de remplacer le système de suspension de cet écran par une suspension *électro-magnétique*.

Rien n'était plus simple que la réalisation mécanique de cette idée : L'écran mobile devait être muni, à sa partie supérieure, d'une pièce en fer doux, destinée à servir de *contact* à un électro-aimant fixe, activé par un courant passant devant la bouche du canon ; la balle, en sortant de ce canon, aurait produit une disjonction dans le courant et déterminé, par conséquent, la chute de l'écran mobile. — Cette combinaison constitue bien certainement l'appareil électro-balistique le plus simple que l'on puisse imaginer.

Nous allons la discuter en détail; elle nous servira d'étude.

En supposant que la hauteur de chute de l'écran puisse être mesurée avec une exactitude suffisante, la précision des résultats reste subordonnée à cette condition : que la mise en mouvement de l'écran coïncide avec l'instant où la balle coupe le fil conducteur. Or, le temps nécessaire pour propager l'effet de la disjonction opérée par la balle, jusque dans les bobines de l'électro-aimant, peut évidemment être négligé en présence de celui employé par le projectile pour parcourir le même espace, attendu que l'effet de cette disjonction se propage avec une vitesse qui est au moins 360,000 fois plus grande que celle imprimée à nos projectiles d'artillerie en faisant usage des charges les plus fortes. Il reste à examiner si la désaimantation suffisante de l'électro-aimant, après que le courant électrique a cessé d'agir, se fait assez rapidement pour que l'on puisse aussi négliger le temps qui y est employé. Nous allons rapporter quelques expériences qui ont été entreprises pour éclaircir cette question.

Un électro-aimant en forme de fer à cheval fut fixé à un châssis, de manière que ses deux extrémités se trouvaient sur une même horizontale. Un petit barreau cylindrique en fer doux servait de contact à cet aimant temporaire dont il joignait les deux pôles. Les dispositions étant prises, on opéra une disjonction dans le courant qui activait l'électro-aimant : le con-

tact, sollicité par la pesanteur, se détacha, et l'on remarqua qu'en tombant il n'avait pas conservé sa position horizontale. Il résultait de cette observation *que la désaimantation suffisante ne s'était pas effectuée aussi rapidement dans une des branches de l'électro-aimant que dans l'autre*. L'expérience fut répétée plusieurs fois, et l'on en rendit le résultat plus sensible à la vue en attachant au contact une longue paille très-légère. — La pièce de contact ayant été suspendue au moyen de deux électro-aimants, à la construction desquels on avait employé des fers du commerce de qualités différentes, l'obliquité de sa chute fut augmentée.

On pouvait déjà conclure de ces deux faits, *que la désaimantation d'un aimant temporaire, suffisante pour que le contact puisse s'en détacher, ne s'effectue qu'en un certain espace de temps qui peut ne pas être négligeable, et qui varie avec la qualité du fer*.

Lorsqu'on fait usage, pour la première des deux expériences que nous venons de citer, d'un aimant temporaire dont la construction est très-soignée et dont les deux branches sont ou du moins paraissent identiques entre elles, le contact tombe en conservant sa position horizontale. Nous devons cependant admettre, en concluant du plus au moins, que le cas où la désaimantation suffisante est obtenue en des temps égaux dans chacune des branches de l'électro-aimant est exceptionnel ; les différences peuvent être assez considérables relativement aux temps fort petits que l'on doit évaluer dans les expériences de balistique et

cesser néanmoins de pouvoir être perçues directement par notre organe visuel.

L'électro-aimant en fer à cheval fut repris, et son contact ayant été rendu de plus en plus léger au moyen de la lime, le temps nécessaire pour obtenir la désaimantation suffisante augmenta, au point qu'il devint facile de saisir à la vue l'intervalle compris entre l'instant de la disjonction et celui de la chute du contact.

On continua à alléger le contact et l'on parvint bientôt à une certaine limite après laquelle l'action de la pesanteur ne suffit plus pour le détacher de l'électro-aimant après que le circuit du courant avait été ouvert. Cet effet ne pouvait être attribué à la faible force coercitive du fer de l'aimant temporaire, attendu qu'après avoir détaché le contact, il était impossible de le faire adhérer de nouveau au fer à cheval sans une nouvelle intervention du courant électrique.

Un dernier allégement du contact permit de le faire adhérer au fer de l'électro-aimant employé comme aimant ordinaire, en vertu du magnétisme que la force coercitive du métal dont il était confectionné lui faisait conserver.

Ces expériences furent répétées en employant un courant électrique beaucoup plus faible que celui dont on avait fait usage en premier lieu. La même succession de faits se représenta, mais on remarqua qu'un contact dont la chute paraissait coïncider avec l'instant de la disjonction, lorsqu'on employait le

courant faible, ne se détachait de l'électro-aimant qu'après un temps que l'œil pouvait saisir, quand l'intensité du courant était augmentée.

Il était évident, d'après les résultats de ces expériences, *que la désaimantation suffisante d'un électro-aimant ne s'effectue, après que le courant électrique a cessé d'agir, qu'en un certain temps, et que ce temps varie avec les éléments qui constituent l'aimant temporaire.*

Une autre série d'expériences fut entreprise à l'effet d'étudier comparativement, sous le rapport des variations du temps nécessaire pour obtenir la désaimantation suffisante, les électro-aimants en fer à cheval, agissant par les deux pôles sur le contact, et ceux à tige droite n'agissant que par un des pôles. — Il fut constaté à la suite d'essais longs et minutieux, qu'il est inutile de rapporter ici, *que les aimants temporaires en fer à cheval ne sont pas d'un usage aussi avantageux que ceux à tige droite, lorsque l'on veut obtenir une désaimantation rapide et régulière.* — Quand l'aimant temporaire agit par ses deux pôles sur le contact, ce dernier se trouvant dans des conditions très-favorables au développement de son magnétisme, les actions réciproques de l'électro-aimant et du contact persistent avec une certaine énergie après que le circuit du courant a été rompu.

Pendant que nous nous occupions de ces essais, un pendule balistique ordinaire pour armes à feu portatives avait été installé à la manufacture royale,

et l'appareil de M. Debooz ayant été définitivement écarté, il ne fut plus question d'y appliquer l'électro-magnétisme.

VI.

Quelques années plus tard, il vint à notre connaissance que M. Bréguet avait construit, de concert avec M. le capitaine de Konstantinoff, de l'artillerie russe, un appareil chronographique, fondé sur une application de l'électro-magnétisme et destiné à mesurer la vitesse des projectiles. Cette annonce nous engagea à reprendre nos expériences. La description de l'appareil construit pour M. de Konstantinoff n'était pas encore publiée; nous savions cependant que le jeu de cet appareil était déterminé par le passage du projectile à travers de grands cadres sur lesquels étaient étalés les fils métalliques conducteurs de courants électriques qui activaient des aimants temporaires.

Nos premières expériences nous avaient appris qu'il faut un certain temps pour obtenir la désaimantation suffisante de l'électro-aimant sur lequel le courant voltaïque a cessé d'agir; nous savions aussi qu'en diminuant la force du courant, le temps nécessaire pour obtenir la désaimantation suffisante devient plus petit. *Il devait donc exister, pour un aimant temporaire et un contact donnés, une certaine intensité de courant capable de déterminer un effet ma-*

gnétique exactement assez énergique pour faire équilibre au poids du contact; en supposant cette condition réalisée, le temps nécessaire pour obtenir la désaimantation suffisante serait un minimum. — Mais ce minimun pouvait être encore assez considérable. En effet, à peine une disjonction est-elle opérée dans le circuit voltaïque, qu'un courant d'induction du fil sur lui-même se propage, et, comme ce courant est direct, *il tend à contrarier la désaimantation de l'électro-aimant.*

Voici la description du premier appareil électro-balistique que nous avons fait construire et dans la combinaison duquel nous avons cherché à appliquer les principes déduits de nos expériences précédentes: Deux rails en laiton étaient disposés sur un plan incliné et servaient de guides à un petit chariot. Au sommet du plan incliné était fixé un électro-aimant qui, lorsqu'il était actif, retenait le petit chariot au moyen d'un contact en fer doux attaché à ce dernier. Le chariot portait un aimant temporaire qu'il entraînait dans son mouvement le long du plan incliné. Lorsque ce second électro-aimant agissait sur son contact, il empêchait le jeu d'un frein destiné à arrêter le mouvement des roues du chariot; aussitôt qu'il cessait d'être actif le frein fonctionnait. — Le fil conducteur activant l'électro-aimant fixé au sommet du plan incliné, était coupé par le projectile devant la bouche du canon. A une distance connue du point où le projectile avait opéré cette première

disjonction, il passait à travers un cadre sur lequel était étalé, en circuit continu, un autre fil conduisant le courant qui rendait actif l'électro-aimant placé sur le chariot. Ce courant, après avoir circulé dans le fil de cuivre étalé sur le cadre, aboutissait à l'extrémité d'un des rails; il parcourait ce rail jusqu'au point où il rencontrait une roue métallique du chariot, passait de la roue dans la fusée de l'essieu, d'où il entrait dans la bobine de l'électro-aimant qu'il activait; puis aboutissait à l'autre rail en passant par la fusée et la roue placées du côté de ce rail, et enfin rejoignait la pile. Le chariot pouvait donc parcourir librement le plan incliné sans que le circuit, activant l'électro-aimant qu'il portait, fût interrompu.

La première disjonction opérée par le projectile mettait le chariot en mouvement le long du plan incliné; la seconde disjonction déterminait le jeu du frein et, par conséquent, arrêtait le chariot. Il était facile de calculer le temps écoulé depuis l'instant de la mise en mouvement du chariot jusqu'au moment de l'arrêt, puisque l'on connaissait l'espace parcouru sur le plan incliné et l'inclinaison de ce plan; ce temps devait être égal à celui employé par le projectile pour franchir l'espace compris entre les deux fils conducteurs qu'il avait coupés successivement.

Pour appliquer à cet appareil les principes déduits de nos expériences précédentes, nous avions fait confectionner les deux électro-aimants de manière à

les obtenir aussi identiques entre eux que possible, tant sous le rapport des formes et des dimensions que sous celui de la qualité du fer. Il en était de même pour les pièces de contact. Les électro-aimants étaient activés chacun par un courant réglé au moyen d'une longueur variable de fil de platine introduite dans le circuit; ces courants passaient par les fils d'un galvanomètre différentiel, et l'on pouvait, par conséquent, les rendre égaux en intensité et s'assurer à chaque instant que cette égalité était maintenue. Les électro-aimants étaient cylindriques et n'agissaient que par un de leurs pôles sur la pièce de contact, disposition la plus favorable pour la régularité des effets. Enfin, les détails de construction furent combinés de manière que les forces qui sollicitaient chacune des pièces de contact à abandonner son électro-aimant, étaient égales entre elles.

D'après nos prévisions, les dispositions dont nous venons de rendre compte, devaient avoir pour résultats de rendre égaux entre eux les temps nécessaires pour obtenir la désaimantation suffisante de chacun des deux aimants temporaires, et, par suite, *compenser le retard de la mise en mouvement du chariot par le retard de l'arrêt.*

Le tir de quelques coups de pistolet nous prouva bientôt que ce premier appareil ne convenait nullement à l'usage auquel nous le destinions : il ne permettait pas de mesurer des temps assez petits à cause du peu de vitesse que la pesanteur imprimait

au chariot, lorsque l'inclinaison des rails était convenable pour éviter le glissement des roues. Mais en l'employant à la mesure de temps plus grands, dans le seul but d'étudier les effets électro-magnétiques qui nous intéressaient, nous avons fait quelques observations qui nous ont été fort utiles dans la suite de nos travaux : nons allons décrire ces observations.

Il fut reconnu qu'il est difficile de régler l'intensité d'un courant qui active un électro-aimant, de manière à approcher beaucoup de la limite où l'équilibre existe entre la force qui retient le contact et celle qui tend à le détacher de l'aimant temporaire. Le moyen le plus simple pour parvenir à ce résultat est de réduire l'intensité du courant, jusqu'à ce que la chute du contact soit obtenue, en augmentant la longueur du circuit; puis on diminue cette longueur peu à peu, de manière à ne pas rendre l'aimant temporaire plus énergique qu'il n'est strictement nécessaire pour lui faire soutenir la pièce de contact, ce dont on s'assure en lui présentant cette pièce. — La difficulté de régler les courants qui activent les aimants temporaires augmente beaucoup lorsqu'il s'agit non-seulement d'obtenir l'effet dont il vient d'être question, mais encore de faire en sorte que les intensités des courants soient égales entre elles. Nous verrons que la plupart des appareils électro-balistiques qui ont été proposés, nécessiteraient la possibilité de remplir les conditions de règlement de courants dont nous venons de parler.

Pour nous assurer de l'identité des actions magné-

tiques de chacun des deux électro-aimants de notre appareil à plan incliné, lorsqu'ils étaient placés dans les mêmes conditions sous le rapport de l'intensité des courants, nous avons procédé à l'expérience suivante : un seul et même courant activait les deux aimants temporaires ; on opérait une disjonction dans le circuit de ce courant et, dans le cas de l'identité des actions magnétiques, le chariot ne devait descendre sur le plan incliné que de la quantité correspondante au temps nécessaire à la chute du contact qui arrêtait le mouvement. C'est en effet ce que l'on obtenait à peu près quand on employait un courant faible ; mais quand on faisait usage d'un courant énergique, les actions magnétiques des aimants temporaires n'étaient plus les mêmes pour chacun d'eux. Il était donc probable que, malgré les précautions prises pour que les parties en fer des deux électro-aimants fussent identiques entre elles, ce but n'avait pas été complètement atteint.

Une cause d'irrégularité dans la marche de ce premier appareil, qui nous a échappé alors et que nous avons reconnue plus tard en employant d'autres appareils, consistait en ce que le contact d'un des électro-aimants ne pouvait jamais s'en écarter de plus d'un demi-millimètre, tandis que le contact de l'autre aimant temporaire était à chaque opération entièrement soustrait à l'influence de ce dernier.

Avant de réaliser l'appareil actuellement en usage dans notre artillerie, nous avons procédé a beaucoup

d'autres essais qu'il serait trop long de rapporter ici en détail ; nous trouverons l'occasion d'en parler en nous occupant des travaux des autres.

VII.

M. l'abbé Moigno, dans son *Traité de télégraphie électrique*, a rassemblé à peu près tout ce qui a été publié sur les appareils propres à mesurer des temps très-courts au moyen de l'électricité. Le talent de cet auteur nous fait regretter qu'il se soit borné à décrire ces appareils sans les discuter : M. Moigno s'est occupé seulement de la question de priorité d'invention.

Peut-être l'auteur du *traité de télégraphie* n'a-t-il pas jugé à propos de discuter des appareils sur lesquels il n'avait pu recueillir des renseignements complets ; ce même motif nous a arrêté un instant. Mais comme la lumière naît de la discussion et que nous pourrons toujours appuyer notre critique sur des résultats d'expériences, nous n'hésitons plus à entreprendre l'examen des procédés dus à d'autres inventeurs.

M. Wheatstone, en adressant une réclamation de priorité à l'Académie des sciences de Paris, a donné des descriptions succinctes de ses appareils chronoscopiques. Nous allons puiser dans ce document, en écartant tout ce qui a rapport à la question de priorité. Voici la description du premier chronoscope électrique imaginé par M. Wheatstone.

« Ce fut au commencement de 1840 que j'inventai

« cet instrument. Mon chronoscope se composait alors « d'un mouvement d'horlogerie faisant agir une ai- « guille indicatrice qui marchait ou s'arrêtait, suivant « qu'un électro-aimant agissant sur une pièce de fer « doux l'attirait lorsqu'un courant traversait l'hélice « de l'aimant, et l'abandonnant à lui-même lorsque « le courant venait à cesser, comme dans mon télé- « graphe électro-magnétique dont cette invention « peut-être considérée comme une dérivation. La du- « rée du courant était ainsi mesurée par l'étendue du « cercle parcourue par l'aiguille du chronoscope. »

« Une relation était établie entre la durée du cou- « rant et celle du mouvement du projectile, par les « moyens suivants : Un anneau en bois embrassait « l'embouchure d'un canon chargé, et un fil métal- « lique tendu reliait deux côtés opposés de cet an- « neau isolant, passant ainsi devant la bouche du « canon. A une distance convenable était établi un « but, disposé de telle façon que le moindre mouve- « ment qu'on lui imprimait, établissait un contact « permanent entre un petit ressort en métal et une « autre pièce aussi en métal. Une des extrémités du « fil métallique de l'électro-aimant était attachée à « l'un des pôles d'une petite batterie voltaïque ; à « l'autre extrémité du fil de l'électro-aimant étaient « attachés deux fils métalliques, dont l'un communi- « quait avec le petit ressort du but, et l'autre à l'une « des extrémités du fil métallique tendu devant la « bouche du canon : de l'autre extrémité de la bat-

« terie voltaïque partaient aussi deux fils métalliques « dont l'un aboutissait à la pièce métallique fixée « sur le but, et l'autre à l'extrémité opposée du fil « métallique passant devant la bouche du canon. « Ainsi, antérieurement à l'explosion du canon, il se « trouvait établi, entre le canon et le but, un circuit « conducteur non interrompu, dont le fil métallique « en travers de la bouche du canon faisait partie. « Une fois le but frappé par le boulet, le second cir- « cuit était complété ; mais durant le passage du pro- « jectile à travers l'air, et pendant ce temps seule- « ment, les deux circuits étaient interrompus, et la « durée de cette interruption était indiquée par le « chronoscope. »

« J'avais démontré par mon telégraphe électro- « magnétique que, lorsqu'ils sont convenablement « disposés, les aimants peuvent être amenés à agir « avec une batterie très-faible, quand bien même les « fils métalliques décriraient un circuit de plusieurs « milles. Par conséquent le canon, le but, et le chro- « noscope peuvent être placés à des distances quel- « conques demandées les uns des autres. En raison « de la grande rapidité avec laquelle l'électricité se « propage, comme l'ont prouvé mes expériences pu- « bliées dans les *Philosophical Transactions* de 1834, « aucune erreur sensible ne peut résulter de sa « transmission successive. »

Si le lecteur a suivi avec attention les discussions précédentes, les imperfections du système de ce pre-

mier appareil chronoscopique de M. Wheatstone ne peuvent lui échapper. Nous devons croire que l'inventeur n'a pas tardé à remarquer les principaux inconvénients des dispositions qu'il avait adoptées d'abord, puisque, comme nous le verrons plus loin, ces inconvénients ont été en partie écartés dans d'autres combinaisons qu'il a imaginées.

Le projectile, en frappant le but, ne pouvait compléter instantanément le circuit voltaïque; l'inertie de la cible devait s'opposer à l'instantanéité de la *conjonction*. Le système conjoncteur placé au but limitait l'emploi de l'appareil aux expériences exécutées au moyen d'armes à feu portatives. — Le temps qui s'écoulait entre l'instant où la section du fil était opérée par le projectile et celui où l'aiguille indicatrice se mettait en mouvement, aurait dû être exactement compensé par le temps compris entre l'instant du choc de la balle contre la cible et l'instant où l'indicateur se trouvait fixé par l'action de l'électro-aimant redevenu actif; le hasard seul pouvait amener cette compensation : ce que nous avons dit de la désaimentation suffisante des aimants temporaires ne doit laisser subsister aucun doute à cet égard.

« Mon ami le capitaine Chapman, de l'artillerie
« royale, écrit M. Wheatstone dans sa réclamation
« de priorité, convaincu de l'utilité de cet instrument,
« était très-désireux qu'il fût introduit dans la pra-
« tique de l'artillerie à Wolwich et se donna beaucoup
« de peine pour y parvenir. Nous eûmes une entre-

« vue à ce sujet avec feu lord Vivian, alors maître « général de l'ordonnance, et, le 17 juillet 1841, « j'expliquai à l'Institut de l'artillerie royale la cons- « truction de l'instrument et ses diverses applications. « Vingt-deux officiers assistèrent à cette séance, dans « le compte rendu de laquelle, compte rendu dont « je possède une copie, il est dit que mon chronos- « cope indiquait 1/7,300 de seconde, et que mon « objet était de montrer son application aux usages « pratiques de l'artillerie, c'est-à-dire de détermi- « ner le temps employé par un projectile à franchir « les différentes sections de son parcours, ainsi que « sa vitesse initiale. »

En avançant que son chronoscope indiquait 1/7,300 de seconde, M. Wheatstone n'a certainement voulu parler que de la division du limbe au cadran de l'appareil, comme on dit qu'une montre indique les minutes. Ce chiffre de 1/7,300 ne représente bien certainement pas la limite de l'erreur à laquelle l'emploi du chronoscope pouvait donner lieu dans les expériences de balistique, ainsi que quelques personnes l'ont pensé. Il ne peut y avoir aucune incertitude à cet égard, puisque nous allons voir l'inventeur citer 1/60 de seconde comme limite de l'approximation de la mesure du temps avec un appareil qu'il considérait comme plus parfait que celui dont il vient d'être question.

La suite au prochain numéro.

Sous presse:

ÉTUDES

SUR LES

APPAREILS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

DESTINÉS

Aux expériences de l'artillerie

EN FRANCE, EN ANGLETERRE, EN PRUSSE, EN RUSSIE,
EN BELGIQUE, EN SUÈDE, ETC.

PAR

Martin de BRETTES.

I. — Notions générales sur l'électro-magnétique.

III. — Appareils chronoscopiques.

II. — Théorie générale des appareils électriques destinés à mesurer le temps.

IV. — Appareils chronographiques.

V. — Observations générales sur les difficultés d'application.

Paris. — Typ. de H. V. de Surcy et Ce, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

COUP D'ŒIL SUR LES ÉTUDES
DU PASSÉ ET DE L'AVENIR
DE L'ARTILLERIE
de LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE, Président de la République,

Par MARTIN DE BRETTES, Capitaine-Commandant au 3e rég. d'artillerie.

TROISIÈME ÉPOQUE, 1515-1589. (Suite.)

§ 3. *Artillerie. — Organisation. — Matériel.*

Pendant les guerres civiles, les armées belligérantes, royales ou protestantes, s'efforcaient d'avoir le plus d'artillerie possible. Leurs principales ressources, pour s'en procurer, dépendant des villes et arsenaux que chaque parti possédait momentanément, celui qui était maître de la capitale était presque toujours le plus puissant en artillerie. Ainsi Henri IV, avant d'être entré à Paris, était réduit à tirer d'Angleterre la plus grande partie de son matériel de guerre.

Après que le roi eut pacifié la France, Sully fut mis à la tête de l'artillerie. Le nouveau grand maître rétablit, dans cette arme, l'ordre et la simplicité qui avaient fait place au désordre pendant les guerres civiles.

Le personnel, organisé comme sous Henri II, était très-nombreux, en 1611, d'après l'état détaillé qu'en donne l'auteur des *Etudes sur l'artillerie*, et qu'il a puisé dans un manuscrit de la Bibliothèque nationale.

Les artilleries étrangères étaient organisées à peu près comme en France, cependant leur organisation présentait quelques différences utiles à signaler.

L'artillerie hollandaise des princes de Nassau, organisée d'après celle des Espagnols, avait à sa tête un général, un lieutenant-général, un contrôleur et deux commissaires, dont l'un était chargé du matériel de l'artillerie et l'autre des armes, munitions, matériaux et outils ; *Description des charges et officiers militaires* (Manuscrit, n° 1613). Les États avaient en outre 230 canonniers ordinaires appelés *connétables*, parmi lesquels il y avait un maître canonnier qui devait connaître les canonniers les plus habiles et les plus expérimentés, ainsi que le lieu de leur garnison. Les canonniers n'étaient reçus qu'après examen. Il y avait aussi un faiseur de gabions, un maître de fascines, trois ou quatre *harcineurs* ou engraisseurs d'affûts, un *hardier* ou bourrelier ;

— Un commis de chevaux de trait, chargé d'avoir vingt-cinq à trente conducteurs, dont chacun devait louer des chevaux pour l'artillerie ;

— Six capitaines de navires, chargés de transporter l'artillerie par eau. Les navires devaient être montés par 60 ou 80 marins qui suivaient le canon et assistaient aux batteries (*id.* f. 22) ;

— Une compagnie de 50 pionniers ordinaires et 30 extraordinaires ;

— Une compagnie de 30 mineurs,

— 4 ou 5 maîtres de feux d'artifice,

— 4 ou 5 pétardiers,

— Le maître des ponts avec ses bateliers,

— Un prevôt, un chirurgien.

Un des plus grands avantages de l'organisation de l'artillerie hollandaise consistait dans ses compagnies de marins, composées d'hommes intelligents, habitués aux manœuvres de force et très-propres à rendre de grands services dans les mouvements du matériel.

L'organisation de l'artillerie en Allemagne mérite d'être examinée avec soin. L'Empire avait été divisé en *quatre grands cercles d'artillerie*, dont chacun avait un général d'artillerie et un magasin général. (*Traité de l'usage de l'artillerie moderne en Allemagne*, Manuscrit 285 de 1686).

Le 1er cercle avait son arsenal général à Vienne.
Le 2e à Heilbrunn.
Le 3e d'abord à Magdebourg, puis à Ratisbonne.
Le 4e à Halle en Souabe.

Les généraux avaient sous leurs ordres des colonels et des lieutenants-colonels, un major général chargé de tout le matériel, un premier ingénieur des fortifications, enfin des *troupes d'artillerie organisées par escouade* comme l'infanterie.

Chaque escouade, chargée du service de 4 canons de 24, 8 de 12, 16 de 6, 1 mortier et 2 pétards (matériel affecté à 4,000 hommes d'infanterie et 2,000 de cavalerie), était composée ainsi qu'il suit : un capitaine, 2 lieutenants, 4 conducteurs, 2 maîtres d'artifices, 2 pétardiers et 1 caporal de canonniers, premier maître canonnier ;

2 maîtres canonniers et 2 aides par chaque canon de 24 ;

Cependant il y avait encore des canons de 36 hollandais, ou de 33 français, des pièces de 3 et de 6; mais ces bouches à feu étaient peu en usage.

Ainsi, les artilleries espagnole et hollandaise avaient des calibres plus forts que ceux de l'artillerie française et des avant-trains.

L'artillerie allemande avait fait encore de plus grands progrès; dès cette époque, dit le Prince président: « L'Allemagne possédait une artillerie qui servit un siècle plus tard de modèle à Gribauval. » L'artillerie de campagne avait des affûts à flasques, des avant-trains à timon avec volée au bout du timon, des chaînes d'enrayage, des armements suspendus à l'affût, etc., ce que montre un dessin reproduit d'après un manuscrit de 1636.

L'artillerie allemande était encombrée, il est vrai, d'un grand nombre de calibres, car on employait les suivants : 48, 24, 18, 6, 3, 1, 1/2, 3/4, dont chacun servait encore à établir plusieurs variétés sous le rapport des dimensions et du poids; mais, l'artillerie de campagne n'employait qu'un petit nombre de calibres.

On lit en effet dans un manuscrit de 1636, *Traité de l'artillerie, de l'usage moderne en Allemagne*: « Depuis la pièce de 6 en descendant, on se sert peu des pièces ci-dessus mentionnées, si ce n'est pour l'infanterie, et sont fort utiles aux jours de bataille ou enlèvemens de quartiers, pour rompre les barrières et autres obstacles, pour favoriser une re-

traite, pour mettre dans des contre-approches, pour enfiler les lignes et autres usages, *et sont d'autant meilleures les dites pièces, pour les occasions susdites, qu'elles sont plus faciles à mener et à transporter; car un cheval les peut mener partout à la campaigne, et dans une place, deux hommes peuvent en faire autant et n'usent guère de munitions.* »

D'après ce passage curieux, rapporté par l'auteur *des Etudes sur l'artillerie*, il paraîtrait qu'en Allemagne on se servait seulement des canons de 6, 8, 1, 1/2, 3/4 de livre, dans la guerre de campagne.

L'artillerie éprouva de nouvelles et grandes améliorations sous Gustave; en 1628, les calibres furent réduits aux suivants : 30, 16, 12, 6, 4, 3. Les bouches à feu étaient : en bronze, en fer coulé et en tôle de fer cerclée de lanières de cuir, ce qui les fit appeler *canons de cuir.*

Les pièces de campagne étaient celles dont le calibre était au-dessous de 12; car on lit dans Chemnitz : « En 1632, le corps d'armée du Necker avait deux demi-canons, quatre pièces de 12 et *neuf pièces de campagne.* »

Les pièces régimentaires ne quittaient pas, en général, les régiments auxquels elles étaient attachées. Elles étaient très-courtes et très-légères, de sorte qu'elles pouvaient être traînées par un cheval et même à bras d'hommes s'il était nécessaire.

Les gros canons étaient attelés de 20 chevaux, les autres de six ou de quatre.

Gustave accéléra le tir en adoptant des cartouches de bois très-légères, auxquelles le boulet était attaché; « de cette manière, en 1633, l'artillerie pouvait faire huit décharges avant qu'un mousquetaire eût tiré six coups. » (Philippe Arlanibas.)

Sous Louis XIII, l'artillerie française adopta deux nouveaux calibres : ceux de 24 et de 12. Cette introduction eut lieu vers 1634; car l'instruction de Sully, en 1633, n'en fait pas mention, et Malthus en parle dans son livre, *Pratique de guerre*. Cependant on les employait peu, parce que les boulets auraient pu servir aux Espagnols. On commençait alors, pour alléger l'artillerie, à laisser les gros calibres sur les derrières et à n'amener avec l'armée que des pièces attelées de bons chevaux : « Nous travaillons, écrivait le maréchal de Châtillon en 1638, à désengager notre canon pour renvoyer à Monstreuil l'esquipage que nous en avons fait venir, afin de n'avoir avec nous que celuy de campagne et d'estre libres et prêts à marcher où il plaira au Roy. » et M. Desnoyer écrivait au maréchal de Châtillon en 1638 : « Le roy ayant vu que M. de la Melleraye fait estat d'amener quatre pièces de canon, estime, qu'estant légères, en sorte que quatre, cinq ou six chevaux les puissent tirer aussi viste que la cavalerie, ce sera chose advantageuse. »

Ainsi, vers le milieu du dix-septième siècle, l'artillerie avait reçu, surtout en Allemagne, une organisation assez rationnelle. Le nombre des calibres et le

poids des pièces avaient été réduits; la mobilité était plus grande et l'adoption des cartouches à boulet avait rendu le tir plus rapide.

Enfin la création du canon de bataillon par Gustave-Adolphe et la nécessité de conduire avec les troupes les pièces légères en laissant les grosses en arrière, indiquèrent dès lors la séparation prochaine de l'artillerie de bataille d'avec celle de siége.

Le nombre des bouches à feu, par 1,000 hommes, adopté pendant le cours de cette période, était très-variable selon les temps et les pays où l'on faisait la guerre; mais il était en général inférieur à celui de l'époque précédente. En France et en Espagne on employait peu de bouches à feu; en Allemagne, au contraire, les armées en étaient abondamment pourvues. Ainsi Henri IV, à Ivry, n'avait par 1,000 hommes qu'*une demi-bouche à feu*, et l'armée de la ligue encore moins, car elle n'en avait qu'*un quart*. En 1590, la proportion s'éleva à *une* pour les armées d'Henri IV et de la ligue. A Prague. l'armée de Bohême n'avait, par 1,000 hommes, qu'*un tiers* de bouche à feu, et l'armée impériale *une demie*. Lorsque Gustave parut, la quantité de bouches à feu augmenta considérablement. Tilly avait généralement *une bouche* à feu par 1,000 hommes comme à Leipsick; le roi de Suède n'en eut jamais moins de *trois*, dont deux régimentaires, comme à Leipsick, à Nuremberg, à Lutzen. Le duc Bernard de Saxe-Weymar, élève de Gustave, augmenta encore excep-

tionnellement la proportion des bouches à feu ; il la porta (*Soldat suédois*, 1642) à *cinq* pour 1,000 hommes dans l'armée qu'il réorganisa près de Darmstadt, en 1635, après la défaite de Nordlingen en 1634. Mais cette quantité d'artillerie était exceptionnelle, et on peut considérer, comme maxima en usage, la proportion de *trois pièces* par 1,000 hommes à laquelle on était arrivé à la fin de la période précédente.

§ 4. *Ordres de marche et de campement.*

Au commencement de cette période les anciens ordres de marche et de campement étaient encore en usage ; car Palma Cayet décrit, ainsi qu'il suit, l'ordre de marche adopté par le duc de Parme pour aller au secours de Rouen assiégé par Henri IV.

« Le duc de Parme départit toute son infanterie en trois escadrons, les deux marchaient de front, mais de telle sorte qu'il restait un grand espace entre les rangs, tellement que le troisième qui les suivait, en un besoin se fust pu ranger au milieu des deux autres. Il mit au-devant de ces escadrons, par manière d'avant-garde, quelques compagnies d'arquebusiers à cheval. Les charriots de l'armée marchaient à la file, tant à droite qu'à gauche des escadrons d'in-

fanterie. Entre les charriots et l'infanterie marchait le canon, après les charriots suivaient deux bandes de cavalerie qui marchaient sur les aisles, puis un gros hot de cavalerie qui servait d'arrière-garde. » Quand le prince de Parme s'arrêtait, il profitait de ses nombreuses voitures pour en entourer son armée.

Spinola marchant au secours de la ville de Grol, en 1607, avait adopté l'ordre de marche suivant, qui était plus favorable pour déployer une armée en bataille. Les troupes étaient divisées en neuf colonnes, disposées dans l'ordre de bataille; les colonnes d'infanterie étaient au centre, celles de cavalerie sur les ailes, enfin chaque aile était couverte par une file de voitures et une colonne d'arquebusiers; l'artillerie de campagne, divisée en batteries de deux pièces, marchait en tête de chaque bataillon: « C'était, comme on voit, dit l'auteur des *Études sur l'artillerie,* un commencement d'artillerie régimentaire. » La grosse artillerie suivait de chaque côté la file des voitures.

Cet ordre de marche fut suivi, en 1636, par l'armée française, commandée par le duc d'Orléans, quand elle s'avanca sur Gournay en Picardie.

Ces exemples de marche montrent que les généraux craignaient toujours que leurs flancs ne fussent attaqués. C'était, en effet, le point faible des armées à cause de la lenteur avec laquelle les changements de front s'exécutaient. Cette lenteur contribuait beaucoup à maintenir l'usage d'enfermer les armées

dans des retranchements formés avec des voitures. Cependant on commençait à s'affranchir de cet usage, Henri IV en avait donné l'exemple en réduisant considérablement les bagages de son armée. Gustave-Adolphe poussa encore plus loin la réduction des voitures qui encombraient les armées, surtout celles de l'Allemagne, et adopta un ordre de marche et de campement convenable pour l'attaque et la défense.

« Dans les marches, dans les campements, dit l'auteur des *Études sur l'artillerie*, l'armée suédoise observait un ordre admirable ; les voitures de chaque régiment marchaient dans le même ordre que lui. Le roi ne campait plus en s'entourant de charroi, mais dans l'ordre de bataille sur deux lignes. Une partie de l'artillerie était au centre de la première ligne, protégée par la cavalerie et des pelotons de mousquetaires, la seconde ligne était formée du reste des troupes, et les bagages étaient réunis en carré derrière la seconde ligne. »

Les colonnes de Gustave étaient composées avec les trois armes, marchant dans l'ordre suivant : Infanterie, artillerie, cavalerie; les bagages marchaient les derniers. C'est du moins ainsi qu'étaient disposées les colonnes qui entrèrent par deux portes à Nuremberg. Ce fait conduit l'auteur des *Etudes sur l'artillerie* à conclure que l'armée de Gustave était partagée en divisions composées des trois armes : infanterie, cavalerie, artillerie.

—

§ 5. *Ordre de bataille, disposition des différentes armes.*

Les ordres de bataille d'Henri IV étaient en général sur une seule ligne et sans réserve, comme à Ivry en 1590. On ne peut, en effet, donner ce nom à un corps placé sur la même ligne de bataille que le reste de l'armée, car s'il n'a pas été engagé dès le commencement de l'action, c'est un effet du hasard. Le nom de réserve, comme fait observer avec beaucoup de justesse *l'auteur des Etudes*, appartient seulement à un corps placé derrière la ligne de bataille ou les deux lignes, s'il y en a deux, de manière à n'être ni l'objet immédiat des attaques de l'ennemi, ni entraîné par les mouvements rétrogrades des premières lignes, et à pouvoir, au moment décisif, porter secours aux troupes placées en avant. Il est toutefois bon de remarquer que les bataillons et escadrons, mis en ligne, étaient plus faibles que précédemment, et par conséquent moins exposés aux ravages produits par l'artillerie.

Les bataillons et escadrons étaient au commencement de cette période entremêlés sur la ligne de bataille. Mais le prince Maurice de Nassau adopta un ordre de bataille plus perfectionné; à Juliers en 1510,

d'après Praissac et Billon, et à Emerie en 1621, selon René le Normand, il avait rangé son armée sur trois lignes en échiquier, de sorte que chaque ligne pouvait, sans confusion, secourir celle qui la précédait.

La seconde ligne était placée à *trois cents pieds* de la première, et la 3ᵉ à *six cents* de la seconde.

La cavalerie du prince de Nassau était encore entremêlée avec les bataillons dans les lignes, mais la plus grande partie était aux ailes.

Les avantages de l'ordre en échiquier parurent si incontestables, qu'il ne tarda pas à être adopté dans toute l'Europe. Cependant le principe reçut des applications différentes : Les uns disposèrent les troupes sur deux lignes, d'autres sur trois.

Ainsi à Nieuport, en 1600, l'armée de Maurice de Nassau était placée sur trois lignes en échiquier.

A Prague, en 1620, l'armée impériale et celle de Bohême étaient rangées sur deux lignes en échiquier et avaient chacune en arrière une forte réserve de cavalerie.

Cependant les anciens ordres de bataille n'étaient pas encore abandonnés ; car à Wimpfen, en 1622, l'armée de Tilly était rangée sur une seule ligne avec la cavalerie sur les ailes, et l'armée opposée était formée en masse derrière une enceinte de chariots et de canons.

Pendant cette période, l'artillerie était généralement placée sur le front ; mais on cherchait à la mettre à l'abri des attaques et à prolonger son jeu,

comme à Arques, en 1589. Quand le terrain s'y prêtait, on mettait aussi les bouches à feu en batterie sur des mamelons, derrière la première ligne qui les protégeait contre les attaques de l'ennemi. Le canon tirait alors par-dessus la tête des troupes, comme à Prague, à Wimpfen, à Fleurus, 1614, etc.

Gustave adopta l'ordre de bataille de Maurice de Nassau, et le perfectionna. Il disposait son armée sur deux lignes en échiquier, avec des intervalles dans chaque ligne, disposés de manière que ceux d'une ligne se trouvassent vis-à-vis des pleins de l'autre. Le roi de Suède, reconnaissant aussi l'inconvénient de mélanger les escadrons et les bataillons dans les lignes, plaçait ordinairement l'infanterie au centre et la cavalerie aux ailes. Il mettait toujours des pelotons de mousquetaires entre les escadrons. Chaque ligne avait sa réserve.

C'est dans cet ordre que Gustave combattit à Leipsick, en 1631, et à Lutzen où il trouva la mort en 1632.

L'armée française, qui imita cet ordre à Avein, en 1635, avait une réserve en 3e ligne; l'armée espagnole, qui lui était opposée, avait sa cavalerie en échiquier en première ligne et l'infanterie en réserve. A Vistock en 1636, l'armée suédoise, commandée par Banner, était rangée en échiquier sur deux lignes. L'armée impériale suivit encore l'ancienne méthode de couvrir le front avec des voitures ou des redoutes.

En général, à cette époque, l'ordre de bataille sur plusieurs lignes était adopté partout ; l'emploi toujours heureux des réserves avait fait apprécier leur importance, et elles étaient admises en principe.

L'artillerie avait reçu de grandes améliorations qui permirent d'employer cette arme sur les champs de bataille plus avantageusement que précédemment.

Avant Gustave, les batteries sur le champ de bataille avaient généralement des positions fixes, celles qu'on faisait mouvoir faisaient de rares exceptions. Sous son règne l'artillerie, devenant assez mobile pour accompagner les troupes et manœuvrer, peut, pendant le combat, changer de place et se porter où il est nécessaire ; ainsi on voit à Leipsick, 1631, une batterie, formée avec les pièces régimentaires suédoises, accourir sur le point menacé et arrêter l'ennemi victorieux à l'aile gauche. A Lutzen, la cavalerie, soutenue par l'artillerie, enfonce, à l'aile droite, les chevau-légers ennemis et les rejette sur les escadrons placés en arrière, où ils portent le désordre. C'est le héros de Leipsick et de Lutzen, qui avait profondément médité sur l'emploi des diverses armes dans les combats, qui fit sortir l'artillerie de l'ornière qu'elle suivait sur les champs de bataille.

Le roi disposait ordinairement l'artillerie en trois grosses batteries placées sur les ailes et le centre au commencement de l'action, comme à Leipsick et à Lutzen ; les pièces régimentaires accompagnaient généralement leurs brigades, comme à Leipsick

(Chemnitz). Mais quelquefois on réunissait celles de plusieurs brigades pour former de fortes batteries, soit au commencement de l'action, comme à Lutzen, soit dans le cours de la bataille, pour produire un effet décisif comme dans la même journée.

Ainsi, l'ordre de bataille sur deux ou trois lignes minces, composées d'infanterie au centre et de cavalerie sur les ailes, avec réserve est généralement adopté. La disposition de l'artillerie a subi aussi de grands changements; elle n'est plus disséminée sur toute la ligne exposée à être prise, à gêner les troupes et à cesser son feu quand on en vient aux mains. Elle est répartie en plusieurs fortes batteries, défendues par leur position ou par les troupes; elle manœuvre pendant le combat, de manière à continuer son feu pendant toute la bataille.

§ 6. — *Emploi et effets des différentes armes. — Tactique. — Stratégie.*

Sous Henri IV, la cavalerie commençait généralement les batailles après la canonnade. C'est ainsi que furent engagées les batailles d'Arques, d'Ivry, etc. Ce mode d'attaque fut souvent employé jusqu'à Louis XIV; les batailles de Nieuport en 1602, où la cavalerie de l'archiduc attaqua l'armée de Maurice

de Nassau ; celle de Leipsick en 1631, où la cavalerie de Papenheim chargea l'aile droite de Gustave, en sont des exemples remarquables.

Mais l'emploi le plus avantageux de la cavalerie consistait dans la faculté que donnait cette arme de porter promptement des secours aux points où l'armée cédait sous les efforts de l'ennemi. Gustave en fit un habile emploi à Leipsick, pour s'opposer à Tilly qui avait enfoncé les Saxons placés à la gauche de l'armée suédoise. On vit aussi à Lutzen, le duc de Friedland arrivant à propos, à la tête de sa cavalerie, au centre près d'être enfoncé, rallier les fuyards, ramener l'infanterie au combat et repousser l'attaque des Suédois un moment victorieux. Pendant la même journée, l'illustre général Papenheim, accourant en toute hâte avec sa cavalerie sur le champ de bataille au moment où les Impériaux étaient déjà en pleine déroute, fait changer la scène. Les fuyards sont ralliés, ramenés au combat, les vainqueurs arrêtés, et une nouvelle bataille recommence ; mais les Suédois voulant célébrer les funérailles de leur roi par une victoire, finissent par rester maîtres du champ de bataille, malgré les efforts héroïques de leurs ennemis.

Cependant la cavalerie ne possédait pas le privilége exclusif de commencer l'attaque. L'infanterie était aussi engagée dès le commencement de l'action. C'est avec l'infanterie que Gustave commença la bataille de Lutzen, où il trouva la mort.

L'artillerie commençait toujours son feu avant que les troupes s'ébranlassent pour l'attaque ; mais dans la période actuelle, elle ne borne plus son rôle à ces préliminaires ; elle continue son feu pendant le cours des combats ; un choix plus rationnel de l'emplacement des batteries, la mobilité des bouches à feu de campagne, un tir plus rapide, puisque, d'après les instructions de Sully, la vitesse du tir variait de 100 à 250 coups par jour, suivant le calibre, ont augmenté la puissance de cette arme. Ce n'est pas tout encore, le roi de Suède en formant subitement une forte batterie et la transportant rapidement sur son aile gauche, enfoncée à Leipsick, montrait que l'artillerie employée en masse, pouvait seule quelquefois, produire des effets décisifs.

Les hommes d'armes repoussent en général assez facilement la cavalerie légère. Mais il n'en est plus ainsi, quand celle-ci est soutenue par des mousquetaires, comme celle de Tilly à Leipsick. En général la cavalerie craint beaucoup le mousquet. Cette arme, privée d'artillerie, ne peut rien contre des troupes qui en possèdent ; car à Leipsick, la cavalerie de Papenheim chargea vainement sept fois l'aile droite de Gustave, soutenue par une batterie de réserve, tirant à mitraille à une très-petite distance.

L'infanterie a acquis assez d'assurance pour ne pas craindre les attaques de la cavalerie seule, l'infanterie espagnole le prouva pendant la bataille de Nieuport, car elle résista sans reculer à toutes les charges

les lignes à deux, donna à chacune sa réserve particulière, plaça la cavalerie sur les ailes, distribua l'artillerie sur tout le front pour soutenir ses lignes (les pièces régimentaires furent destinées à remplir cet objet), et mit en avant du centre, des ailes, et dans des positions favorables, de fortes batteries, composées de bouches à feu de gros calibre, pour foudroyer l'ennemi s'il prenait l'offensive. Il amincit aussi la profondeur des lignes, et trouva dans une organisation rationnelle de ses troupes le moyen de manœuvrer sur le champ de bataille pour changer ses dispositions premières.

Ainsi Gustave-Adolphe, près de Demin, en Saxe, jugeant d'un coup d'œil la mauvaise disposition de son adversaire, fit passer son armée de l'ordre *en* bataille à celui en colonnes, aborda le centre de son adversaire, enleva ses canons, placés hors de toute protection, déploya ensuite ses colonnes à droite et à gauche, et mit l'ennemi en déroute. La facilité avec laquelle le roi de Suède, dans les batailles, envoie des troupes et de l'artillerie au secours des parties de la ligne qui fléchissent, l'emploi de fortes batteries d'artillerie pour remplir les vides faits dans les lignes, enfin l'adoption des réserves, composées d'une ou plusieurs armes, pour agir en temps opportun sur le point décisif, attestent les progrès de la tactique des batailles. Ils paraîtront encore plus sensibles, si l'on considère les précautions prises pour choisir les positions, assurer les ailes, la retraite, etc., disposer les diffé-

rentes armes sur le terrain, de manière qu'elles puissent agir et se soutenir le plus avantageusement possible, etc.

L'état de la stratégie pendant cette période mérite aussi d'être examiné. Les marches d'Henri IV, du duc de Parme, et surtout de Gustave-Adolphe, à travers l'Allemagne, montrent que les ordres de marche ont fait de très-grands progrès, et que les grands mouvements des armées étaient réglés d'après la connaissance du théâtre de la guerre. On voit aussi les hommes de guerre éminents, tels qu'Henri IV, Nassau, Gustave, mettre en pratique, bien avant qu'il n'eût été formulé, le principe stratégique d'une haute portée, qui consiste à tomber avec toutes ses forces sur un ennemi divisé ou affaibli par un fort détachement. C'est en tombant inopinément sur ses ennemis cantonnés, qu'Henri IV dut la plupart de ses victoires; Nassau fut victorieux à Nieuport, pour avoir prévenu ses ennemis dispersés dans leurs cantonnements. Enfin Gustave profite de ce que Walleinstein s'est affaibli, en détachant Papenheim avec de nombreuses troupes, pour livrer la bataille de Lutzen.

Nous terminerons enfin la période 1590-1646, avec laquelle finit le tome 1er des *Etudes sur le passé et l'avenir de l'artillerie*, par le résumé qu'en a fait le prince Louis-Napoléon.

« Ainsi, pendant la période que nous venons de décrire, la victoire se déclare partout où la science se

trouve jointe au génie militaire. Nous avons vu, en France, la cause protestante toujours vaincue sur le champ de bataille, jusqu'au moment où Henri IV, se mettant à sa tête, la fait triompher. Il en est de même en Hollande: les Espagnols si fiers, si courageux, sont presque toujours vainqueurs sur le champ de bataille, jusqu'à l'apparition des princes Maurice et Henri de Nassau. En Allemagne, la cause catholique, défendue par les généraux de l'empereur, est victorieuse jusqu'au jour où Gustave-Adolphe, devenu chef de la ligue protestante, terrasse en trois ans tous ceux qui jusqu'alors avaient été invincibles.

« Ces éclatants succès ne s'étaient pas produits sans être accompagnés d'immenses progrès dans la tactique.

« Les batailles sous François Ier n'avaient été que des batailles de chocs produits par de grosses masses, que le canon était obligé de rompre et de disperser en tirant directement dessus.

« Les batailles du duc de Guise et d'Henri IV avaient été des batailles de chocs produits par de petites masses indépendantes les unes des autres, mais se soutenant réciproquement. Dans ces batailles, l'artillerie placée aux extrémités d'un croissant, s'efforçait de prendre l'ennemi d'écharpe, et de flanquer toute la ligne de bataille.

« Les batailles de Maurice et de Gustave étaient encore des batailles de chocs, mais de choc entre des lignes qui se soutenaient et s'aidaient réciproque-

ment. L'influence des manœuvres s'y faisait déjà sentir; l'artillerie appuyait de ses gros calibres toutes les parties faibles, et les pièces légères étaient réunies pendant le combat sur le point décisif, là où un effort vigoureux pouvait assurer le succès.

« Sous François Ier, il fallait du courage, du sang-froid et une artillerie bien servie.

« Sous Henri IV, il fallait de la légèreté, de la promptitude, de l'habileté dans les mouvements tactiques.

« Sous Gustave, il fallait, indépendamment de tout cela, de la science pour diriger l'action variée des différentes armes sur différents terrains. Jusqu'alors le canon avait rendu la défense bien supérieure à l'attaque; Gustave rendit à l'attaque toutes ses chances de succès, en sachant se servir de canons légers et des armes à feu.

« Le canon a décidément battu en brèche l'ordre profond, et forcé les troupes à manœuvrer.

« L'invention du fusil à baïonnette va permettre à l'infanterie de doubler ses forces par l'uniformité de son armement. La cavalerie, dégagée, en partie, d'armures embarrassantes, a déjà montré tout ce qu'on peut attendre de la rapidité de ses mouvements.

« De grands exemples ont été donnés; on a vu que ce sont les réserves qui gagnent les batailles.

« On a vu que l'artillerie doit être divisée dans les marches, et réunie en grandes batteries sur les champs de bataille.

« On sait qu'une armée doit marcher et camper dans l'ordre où elle doit combattre.

« On sait qu'en fait de stratégie et de tactique, la grande question est de tomber, avec toutes ses forces réunies, sur une portion de la ligne ennemie.

« Enfin, même pour la guerre de montagne, la campagne du duc de Rohan dans la Valteline, a fourni de nouveaux sujets d'études et de méditations.

« *Malgré tous ces progrès, il faudra bien du temps encore avant que ces exemples soient réduits en principes et en axiômes; et une fois acceptés comme tels, il sera toujours difficile et rare de trouver un général qui sache les appliquer. Car, si la science analyse et coordonne les faits passés pour en déduire des principes généraux, le génie seul sait tirer d'immenses résultats de leur juste application!* »

Cette conclusion entièrement conforme à l'opinion de l'archiduc Charles sur la difficulté d'appliquer les principes de la science militaire avec assez d'intelligence pour mériter le titre de général d'armée, nous conduit naturellement à terminer ce chapitre par le passage suivant, extrait des *Principes de la grande guerre*. L'illustre guerrier s'exprime ainsi :

« Les principes de la science militaire sont peu nombreux et invariables, mais leur application ne se ressemble jamais et ne peut jamais se ressembler.

« Chaque changement dans la proportion des ar-

mées, dans leurs armes, leurs forces, leur position, chaque nouvelle invention nécessite une application différente de ces principes; et comment imaginer dans la vie humaine, et surtout à la guerre, un cas qui se trouve en tout semblable à un événement passé?

« Épaminondas et Frédéric de Prusse remportèrent tous deux la victoire par l'emploi de l'ordre oblique; mais combien différait chez eux l'emploi du même principe, de refuser une aile et de concentrer leurs forces sur l'autre aile!

« Les Grecs combattaient à rangs serrés; leurs armes n'atteignaient qu'à de faibles distances; l'aile attaquante d'Épaminondas formait une masse compacte.

« De nos jours, où l'artillerie agit si énergiquement et à de si grandes distances, l'attaque ne peut avoir lieu que sur plusieurs lignes non serrées.

« La masse formée pour l'attaque par Épaminondas présentait presque autant de profondeur que de largeur; elle marchait librement, sans craindre un débordement d'aile, parce qu'elle pouvait faire front partout. Comment cela serait-il possible avec un corps auquel on ne donne, à cause des puissants effets de l'artillerie, que trois hommes de profondeur?..

« *Pour mériter le titre de général, ce n'est pas assez d'être familier avec les principes de la science militaire : il faut aussi savoir les appliquer.* L'étude des *livres tactiques* seule ne suffira donc pas, parce

que les cas qui peuvent se présenter sont tellement nombreux et tellement différents, qu'il est impossible de donner pour tous des règles déterminées.

« *Cet art de l'application ne peut s'obtenir que par la lecture de l'histoire des guerres, par la méditation et l'appréciation des événements passés, quand on se sera doté de l'intelligence de la chose et du coup d'œil par une fréquente pratique sur le terrain. En un mot, pour devenir général, il faut se former soi-même.* »

III.

Influence des armes à feu dans la guerre de siége.

Le second volume des *Études sur l'Artillerie* traite, comme nous l'avons dit, de la guerre de siége pendant la période 1330–1643. Dans ce volume, qui procède de son aîné, ce sont encore les chroniqueurs contemporains qui décriront l'emploi progressif de l'artillerie dans les siéges, son influence sur l'attaque et la défense des places, ainsi que la révolution lente et progressive qui s'opérera dans la fortification toute puissante, lorsque le canon, brisant la couronne de créneaux et de machicoulis placée sur les tours et les murailles depuis tant de siècles, aura démontré brutalement l'insuffisance des vieilles forteresses.

Le savant, l'archéologue et l'historien, trouveront dans ce volume de précieuses données sur la fortification, les machines de jet et la guerre de siége au

moyen âge. Ils verront comment l'auteur des *Etudes sur l'Artillerie* éclaircit, par des textes précis, la question si obscure des machines de jet avant l'invention de la poudre, et prouve qu'elles différaient complétement de celles des anciens.

L'ordonnance du tableau de la guerre de siége est analogue à celle qui a été suivie pour le premier volume. Ainsi la période 1330-1643 a été divisée en quatre époques caractérisées chacune par une découverte ou un progrès notable.

La première époque, 1330-1461, pendant laquelle on voit apparaître les bombardes dans les siéges, a pour caractère *la supériorité de la défense sur l'attaque des places.*

La seconde 1461-1515, où l'usage des boulets en fer devient général, est remarquable par *la prédominance de l'attaque sur la défense.*

La troisième, 1515-1589, pendant laquelle les perfectionnements de l'artillerie rendent l'attaque si supérieure à la défense, que les places ne peuvent plus résister aux armées assiégeantes, est caractérisée par *une révolution complète dans la fortification des places.*

Enfin la quatrième, 1589-1643, pendant laquelle l'artillerie de siége s'enrichit d'un nouveau moyen d'attaque, par l'invention des bombes, se distingue par *le rétablissement, sinon par la supériorité de la défense sur l'attaque des places.*

Pendant chacune de ces époques, ce sont les

mêmes sujets qui se représentent, mais modifiés dans le temps. On voit toujours, en effet, deux puissantes rivales, l'artillerie et la fortification, chercher à dominer dans les opérations de la guerre de siége et y jouer tour à tour le principal rôle.

C'est cette lutte féconde en inventions utiles, ce sont les modifications qui en résultent dans la guerre de siége, que l'auteur des *Etudes sur le passé et l'avenir de l'artillerie* a reproduites dans un tableau complexe et brillamment coloré que nous allons essayer de faire connaître par une série d'esquisses qui en reproduiront les principales lignes.

PREMIÈRE ÉPOQUE, 1330-1461.

> Pour que les trébuchets restassent en usage deux siècles après l'adoption des armes à feu, il fallait que celles-ci fussent bien imparfaites; il fallait, en un mot, que les effets des nouvelles armes différassent peu de ceux produits par les anciennes....
>
> ...En général, au XIVe siècle comme au commencement du XVe, l'artillerie à feu avait plutôt fortifié la défense des villes que l'attaque.
>
> (L.-N. BONAPARTE, ch. 1.)

§ 1. *Fortification au moyen âge.*

Au commencement de cette période, signalée par la naissance de l'artillerie à feu, l'Europe était couverte de forteresses. La France, surtout, se faisait remarquer par les 10,000 villes fortifiées et les 50,000 châteaux-forts qui, d'après Alexis Monteil (1), s'élevaient sur son sol.

La fortification des villes, à cette époque, consistait généralement en une enceinte de murailles hautes de 20 à 30 pieds, flanquées par des tours

(1) Histoire des Français des divers États, liv. Ier.

de formes diverses, distantes l'une de l'autre de 150 à 200 pas. Cependant, quelquefois, on enfermait les villes dans plusieurs enceintes concentriques. Les murailles et les tours étaient souvent percées d'*archières*, et surmontées par des *machicoulis* servant eux-mêmes de soutien, aux *créneaux* qui dentelaient leur sommet. Les fossés étaient rares et généralement peu profonds. Il paraîtrait même que les contrescarpes n'étaient pas revêtues, car l'histoire fait fréquemment mention de descentes de fossé opérées sans échelles.

Les points faibles des villes étaient les portes, qui pouvaient être surprises ou attaquées de vive force : aussi les protégeait-on par des dispositions particulières. En général, elles étaient flanquées par des tours, et défendues par des machicoulis et des herses; on les couvrait aussi quelquefois par de petits ouvrages en bois ou en maçonnerie, qu'on peut regarder comme le germe des *ravelins* et des *demi-lunes*, ou par des *barbacanes*, petits ouvrages placés devant les portes et reliés à l'enceinte par deux murailles parallèles entre elles.

On voit encore aujourd'hui, dans plusieurs villes de France, des vestiges considérables de ces anciennes fortifications. Nous citerons, entre autres, Aigues-Morte, Avignon et Carcassonne, dont les antiques enceintes, qui existent encore en grande partie, sont des monuments précieux pour l'archéologie militaire.

§ 2. *Machines balistiques avant l'emploi de l'artillerie à feu. — Trébuchets. — Arbalète à tour. — Projectiles. — Effets.*

Au moyen âge, l'artillerie destinée à l'attaque et à la défense, consistait en machines balistiques entièrement différentes de celles dont se servaient les Romains. Ces dernières, en effet, connues sous les noms de *balistes*, *catapultes*, etc., dont la force motrice était la torsion des cordes faites avec du chanvre, des nerfs, des cheveux de femme, etc., composaient une *artillerie névro-balistique*, tandis que celles du moyen âge, mises en jeu par des forces d'une toute autre nature, ne peuvent être classées sous cette dénomination.

Le prince Louis-Napoléon a, comme nous l'avons déjà dit, fait succéder la lumière à l'obscurité profonde qui enveloppait cette question importante d'archéologie militaire. Il prouve que les machines de jet désignées, au moyen âge, par les noms bizarres *Triparatum*, *biffa*, *pierrière*, *mangoneau*, *bricole*, *bible*, *machines clypères*, *engins à verge*, étaient simplement *des trébuchets*; et que celles appelées *arbalètes à cric*, *à tillolet*, *arbalètes de passe*, *de quartier*, *espingoles ribauldequins*, *etc.*, étaient des variétés de *l'arbalète à tour*.

Le *trébuchet* (1) et *l'arbalète à tour* étaient ainsi les machines de jet usitées au moyen âge.

Le *trébuchet* consistait en une longue poutre, appelée *verge* ou *flèche*, tournant sur un axe horizontal porté par deux montants. L'extrémité du plus long bras de levier portait une fronde destinée à contenir le projectile, et l'autre un contre-poids.

Quand on voulait se servir de cette machine, on abaissait l'extrémité de la verge portant la fronde, dans laquelle on plaçait le projectile, puis on l'abandonnait à l'action du contre-poids ; celui-ci, par sa descente, faisait relever violemment la flèche, et le projectile s'échappant de la poche de la fronde, décrivait dans les airs une trajectoire très-courbe, analogue à celle des bombes lancées par les mortiers.

Cette machine de jet était très-puissante, car, d'après les calculs du savant général Dufour, un trébuchet, dont le grand bras de la flèche aurait six mètres de longueur et le petit deux, avec un contre-poids de 3,000 kilog., pourrait lancer un projectile pesant 100 kilog. à 75 mètres. Quelques expériences faites à Vincennes, par ordre de M. le Président de la République, ont suffi pour mettre en évidence la

---

(1) Quand le trébuchet était monté sur des roues, il prenait le nom d'*engin volant*. L'auteur des *Études sur l'artillerie* le prouve par de curieuses citations extraites de Christine de Pisan, des chroniques de Philippe de Bourgogne, etc.

puissance de ces machines, et confirmer les calculs du savant général en chef de l'armée suisse.

Les projectiles lancés au moyen de ces machines, consistaient en pierres arrondies, en pierres irrégulières entourées de mèches incendiaires, en tonneaux remplis de feu grégeois, en matières en putréfaction, en morceaux de fer *rougis au feu*, etc.

L'arbalète à tour était simplement une grande arbalète, dont l'arc en bois, en corne, ou en acier, avait quelquefois jusqu'à dix mètres de longueur. La trajectoire du projectile était très-étendue.

Cette machine, d'après le général Dufour, pouvait lancer à *huit cent mètres*, environ, un trait pesant 1/2 kilog.

De petites pierres arrondies, des traits souvent armés d'un fer pyramidal, et quelquefois munis de pelotes incendiaires, étaient les projectiles de l'arbalète à tour.

L'artillerie de siége pouvait ainsi produire le tir courbe ou le tir rasant, selon les besoins du service.

Le tir de ces machines avait peu de justesse; la rapidité avec laquelle il était exécuté était assez grande; mais les effets des projectiles en pierre, suffisants pour détruire les machines et engins, étaient presque nuls contre les murailles; à peine pouvaient-ils raser les créneaux qui les couronnaient.

L'auteur des *Études sur l'artillerie* prouve cette inefficacité des projectiles par de nombreuses citations

dont nous rapportons la suivante extraite des mémoires de Duguesclin.

« Adonoques Bertrand fit dresser engins qui grosses pierres gettaient contre les murailles et au dedans du chastel..... et quand la pierre frappait contre la muraille, adoncques saillliant Anglais qui le mur au droict du coup essuyaient avec une touaille (linge) *en signe de dérision.* » Ce qui montre, ajoute le prince, que les assiégés considéraient comme manqués tous les coups qui atteignaient la muraille et s'en moquaient par fanfaronnade.

§ 3. *Attaque des places au moyen âge. — Lignes. — Moyens d'approche. — Modes d'attaque. — Escalade. — Mouton. — Mine.*

L'art de l'attaque des places différait beaucoup de ce qu'il est de nos jours; cependant on y retrouve quelque ressemblance.

L'armée assiégeante arrivée près de la place dont le siége était résolu, s'établissait dans un ou plusieurs camps à peu de distance des murailles et à proximité du point d'attaque. « Se logera le dit ost tout au plus près qu'il pourra, et aura bien advisé, avant, l'assiète et situation du lieu, ou par autres en sera souffisament informé, afin que mieulx à son avantage soit

mis le siége, assis les engins et advisé de donner l'assaut. »

Mais quand la force de la place, le nombre et la valeur des défenseurs, faisaient prévoir que le siége traînerait en longueur, les assiégeants enfermaient la forteresse dans une double enceinte de lignes, savoir : *la ligne de contrevallation et celle de circonvallation*.

L'emploi de ces lignes, pendant le cours du moyen âge, est prouvé par de nombreux exemples. Tels sont : les siéges de Tyr en 1122, du château Gaillard en 1234, de Damiette, par saint Louis, en 1249, de Pistoie en 1328, etc.

On entourait aussi les camps d'enceintes fortifiées, qui en faisaient des espèces de grandes redoutes appelées *bastilles* ou *bastides*. Ces enceintes étaient ordinairement composées de hautes palissades plantées en terre et maintenues par des tréteaux qui servaient, en même temps, à supporter un plancher, de sorte qu'on pouvait disposer les défenseurs sur deux étages.

Les chroniques de Froissart font mention de ces bastides au siége de Brest par les Français, en 1385, à celui de la même ville par les Anglais, en 1384.

Ces bastilles étaient des ouvrages très-défectueux et très-difficiles à défendre. Leurs défauts étaient bien reconnus, car Jean de Bœuil, vieux soldat de Charles VII, disait : « Une bastille ne vaut jamais les fortifications d'une ville..... *Je crois qu'elles ont peu*

profité partout où elles ont été mises, et j'en ai toujours vu les mauvais effets dans les siéges que les Anglais mirent devant Orléans, Compiègne, Dieppe, et le mont Saint-Michel. »

Mais ces ouvrages, conséquence nécessaire de l'organisation militaire à cette époque, comme le démontre l'auteur des *Études sur l'artillerie*, rendaient, malgré leurs défauts, de très-grands services dans la guerre de siége. Il y avait en effet beaucoup de circonstances où les siéges dégénéraient en blocus, opération difficile lorsque les armées n'étaient pas permanentes, car, les chevaliers ayant le droit de retourner dans leurs manoirs après avoir accompli le temps légal de leur service temporaire, il arrivait qu'à certains moments il ne restait devant la place qu'un très-petit nombre d'hommes armés, quelquefois même inférieur à celui des défenseurs. « Alors, dit le prince, les assiégés pouvaient prendre l'offensive, et les assiégeants, logés dans plusieurs camps, avaient besoin de se retrancher; c'est pour cela surtout qu'étaient construites les bastilles. »

Les assiégeants partaient de leur camp, soit à découvert pour tenter des escalades de vive force, soit à couvert pour exécuter des attaques régulières. Les moyens d'approcher de la place à couvert, ne consistaient pas en tranchées creusées en zigzags dans le sol, mais en abris mobiles construits en bois, tels que des *mantelets*, de petites maisons roulantes, etc. Celles-ci servaient principalement à abriter : les

hommes armés de pics qui étaient chargés de saper la muraille, le *mouton* et ceux qui le servaient, enfin les mineurs.

Les machines balistiques, destinées à chasser les défenseurs des créneaux, à écrêter les murailles pour faciliter l'escalade, formaient des batteries près de la place, et étaient protégées contre les coups des assiégés par de *grands manteaux en bois*.

L'auteur des *Études sur l'artillerie* résume ainsi les diverses opérations d'un siége avant l'emploi de l'artillerie à feu.

« On essayait d'abord de prendre la place par des assauts livrés à l'aide d'échelles. Ces tentatives d'escalade étaient loin d'être aussi meurtrières qu'elles le seraient de nos jours, parce que les projectiles lancés par les armes portatives étaient alors moins efficaces contre des hommes couverts d'armures, et qu'ils étaient lancés en beaucoup moins grande quantité. »

« Si cette tentative d'escalade ne réussissait pas, ou si la place était trop forte pour qu'on osât l'insulter, on préparait les machines de jet destinées à ruiner les défenses, et l'on travaillait à combler le fossé ; après quoi on recommençait l'escalade en faisant protéger les assaillants par une grêle de traits lancés par des archers placés à couvert. »

« Si ce second mode d'attaque ne réussissait pas non plus, on faisait approcher de la muraille de petites maisons en bois portées sur des rouleaux, et

qui contenaient des hommes munis de pics pour percer le mur ; d'autrefois encore on se servait, dans ce but, comme dans l'antiquité du bélier, qu'on nommait *mouton*. »

« Un autre moyen d'attaque était la mine dont l'art, tout différent de celui qui porte aujourd'hui le même nom, mais non moins difficile peut-être, consistait à placer des étançons en bois sous la muraille qui s'écroulait quand on y mettait le feu. Quelquefois la mine était un chemin souterrain pour arriver secrètement dans la place.... »

« La dernière ressource de l'attaque, très-longue à préparer et d'une réussite incertaine, consistait à élever des tours en bois (1) plus élevées que les murailles et moins que les tours de la place, et à les faire rouler jusqu'aux pieds des murs ; il fallait pour cela que le fossé offrît un chemin solide. Du haut de ces grands édifices, des hommes de trait dominaient les assiégés et les éloignaient des défenses ; alors les moyens d'attaque, dont nous avons parlé, pouvaient être employés avec plus de succès. »

En résumé, machines de jet, beffrois, assauts, étaient presque toujours insuffisants pour prendre une ville bien défendue. Il fallait alors nécessairement conduire, sous un abri, le pionnier ou le mineur jusqu'au pied des murailles pour ouvrir la brèche.

---

(1) Ces tours portaient les noms de *chat*, de *truie*, de *beffroi*, *etc.*, pendant le moyen âge.

C'était en cela que consistait l'opération principale d'un siége régulier.

§ 4. *Défense des places. — Moyens divers. — Contre-mines. — Emploi des machines balistiques.*

Les principaux moyens de défense active consistaient dans les sorties, l'incendie ou le renversement des tours mobiles de l'assiégeant, les contre-mines, l'emploi des *trébuchets* et des *arcs à tour*.

On mettait le feu aux ouvrages des assiégeants, soit à la main pendant les sorties, soit de loin au moyen de *flèches ardentes*, semblables aux *phulariques* en usage dans l'antiquité. Pour renverser les beffrois, l'assiégé creusait secrètement le terrain au-dessous du chemin que ces tours devaient parcourir, mais ce moyen réussissait rarement. On employait, au contraire, souvent et avec succès, quand la place assiégée n'était pas assise sur le roc et avait des fossés sans eau, la contre-mine pour aller au-devant des galeries de mine de l'assiégeant, le combattre et détruire ses travaux. Ces combats souterrains, presque toujours terminés par la mort de l'un des deux adversaires, étaient très-fréquents. C'était dans ce poste périlleux que l'écuyer faisait habituellement la veillée des armes avant d'être armé chevalier. L'as-

siégé employait les mêmes machines de jet que l'assiégeant; l'extrait suivant de la relation du siége de Carcassonne, en 1240, le prouvera et donnera, en même temps, une idée de leur emploi dans la défense.

« Ensuite ils (les assiégeants) dressèrent un *mangonneau* contre notre *barbacane*, et nous, nous dressâmes aussitôt dans la barbacane une *pierrière turque* (1) très-bonne qui lançait des projectiles vers le mangonneau et tout autour de lui, de sorte que, quand ils voulaient tirer contre nous et qu'ils voyaient mouvoir la perche de notre pierrière, ils s'enfuyaient et abandonnaient entièrement leur mangonneau, et là ils firent des fossés et des palis. Et nous aussi, chaque fois que faisions jouer la pierrière, nous nous retirions de ce lieu, parce que nous ne pouvions aller à eux à cause des fossés, des carreaux et des puits qui se trouvaient là. »

Nous nous sommes un peu étendus dans cette exposition de la guerre de siége, au moyen âge, pour bien préciser l'état de l'art à cette époque, et donner le moyen d'apprécier les transformations successives qu'il a éprouvées par suite de l'emploi de l'artillerie à feu.

(1) La pierrière turque n'était autre chose qu'un trébuchet.

§ 5. *Première artillerie à feu. — Vitesse, justesse et effets du tir. — Usage. — Maintien des anciennes machines de jet.*

Tel était l'état de l'art d'attaquer et de défendre les places, lorsque l'artillerie à feu commença d'être employée dans la guerre de siége. Le premier emploi paraît remonter au moins à 1325, d'après un ordre de la république de Florence, daté du 11 mars de la même année, dans lequel il est fait mention de canons en métal(1). Mais, selon l'opinion de M. Lacabanne (2) qui cite cet ordre, l'artillerie n'aurait été employée, en France, qu'en 1338.

Les premières bouches à feu employées dans les siéges furent d'abord très-petites; celles qui sont représentées par les dessins de la planche 11, copiés dans des manuscrits du XVe siècle, en sont une preuve. Mais elles atteignirent promptement des proportions considérables. Ainsi, pendant la guerre de Forli en 1358, on se servait déjà de bouches à feu capables de lancer des boulets de pierre du poids de 33 livres, et bientôt après de plusieurs centaines de livres. La limite du poids atteignit 300 kilo-

---

(1) *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, par Libri.
(2) Bibliothèque de l'École des Chartes, t. III.

grammes (1), mais le poids moyen était de 34 à 100 kilogrammes. Ces grosses bouches à feu s'appelaient *bombardes*.

Les projectiles de ces bombardes étaient des pierres arrondies, des carreaux en fer, des pierres irrégulières enveloppées d'artifices, des projectiles incendiaires, des *boulets rouges*. L'auteur des *Études sur l'artillerie* se propose de démontrer, plus tard, que l'usage de ces derniers projectiles est bien antérieur à l'emploi qui en fut fait au siége de Dantzig, en 1577, regardé généralement comme le premier.

La lenteur du tir était excessive, car Moritz Meyer rapporte (2) qu'il fallait un jour pour pointer une bombarde au siége de Pise, en 1370, et qu'au siége de Constantinople, en 1453, les grosses bouches à feu tiraient *quatre coups* par jour. D'après le même écrivain militaire, la vitesse du tir des bombardes moyennes aurait été de *six* à *dix* coups par jour.

La justesse du tir des bombardes était presque nulle, car au siége de Mieselle, en 1427, *un* projectile, sur *soixante et dix* atteignit la *ville ;* au siége de Bologne, en 1429, sur *neuf* boulets de pierre, lancés sur la ville, plusieurs tombèrent au delà de l'enceinte, etc.

Enfin, le peu de dureté, la faible densité et l'iné-

---

(1) Mémoires historiques sur l'art de l'Ingénieur militaire et de l'Artilleur. *Spectat. milit.* oct. 1846.

(2) *Technologie de l'artillerie.*

galité de ces projectiles, la faible vitesse dont ils étaient animés, à cause de la mauvaise qualité de la poudre et du peu de résistance des bouches à feu, étaient autant de causes qui rendaient les effets mécaniques, produits par l'artillerie à feu, peu différents de ceux des anciennes machines. Pour augmenter la puissance de la nouvelle artillerie, on imagina de compenser le manque de vitesse des projectiles par une augmentation de leur volume, ce qui donna naissance aux énormes bombardes; et plus tard on entoura les boulets en pierre avec deux cercles de fer disposés en croix.

Néanmoins les projectiles en pierre étaient en général insuffisants pour faire brèche aux murailles. Aussi les bombardes furent-elles principalement destinées à lancer des projectiles sous de grands angles comme les trébuchets qui continuèrent d'être employés concurremment avec elles; cependant quelquefois on tirait des bombardes de plein fouet, comme on le verra plus loin.

L'auteur des *Études sur l'artillerie* explique très-clairement pourquoi les anciennes machines de jet ont continué d'être en usage malgré l'emploi des bombardes. En effet, en se transportant un instant aux XIVe et XVe siècles, on voit que, non-seulement les bombardes avaient peu d'avantages sur les anciennes machines, mais encore que la France, couverte de forêts, fournissait partout et abondamment les matériaux nécessaires à la construction des en-

gins en usage, tandis qu'il fallait transporter à grands frais les bombardes et de coûteux approvisionnements de poudres et de projectiles. Ces avantages précieux des anciennes machines expliqueront suffisamment pourquoi elles ont été maintenues en usage jusqu'à ce que l'artillerie à feu leur fût devenue incontestablement supérieure.

§ 6. *Influence de l'artillerie à feu sur l'attaque des places, leur défense, et la fortification.*

La similitude des effets produits par les bombardes et les anciennes machines de jet, doit faire pressentir que l'artillerie à feu apporta dans l'origine peu de changements dans l'attaque des places.

En effet, le premier chapitre du livre des *Études sur l'artillerie*, consacré à la guerre de siége, fait voir que les dispositions préliminaires des attaques restèrent les mêmes. Les bombardes étaient conduites près des murailles, sous des abris roulants, dont l'auteur des *Études sur l'artillerie* a présenté plusieurs modèles d'après des dessins anciens et authentiques. On protégeait les bouches à feu mises en batterie par des *manteaux* de bois, alors suffisant pour résister à l'artillerie des assiégés, qui était généralement d'un petit calibre. Pendant la manœuvre des bombardes, on fermait avec des *portières* en bois les embrasures, ouvertures pratiquées dans le manteau,

pour donner passage à la volée des bouches à feu au moment du tir.

Les batteries d'attaque étaient composées de grosses et de petites bombardes. Celles-ci étaient spécialement destinées à tirer, pendant le temps considérable employé pour charger les grosses bouches à feu, afin que les assiégés ne pussent, entre deux coups consécutifs, réparer les dégâts produits par les gros projectiles.

En général, les grosses bombardes tiraient sous de grands angles, et remplissaient l'office des anciens trébuchets pour ruiner les défenses et les édifices des places assiégées. Cependant, quelquefois elles lançaient leurs projectiles sous de petits angles pour faire brèche aux murailles. Alors, on battait la partie supérieure des murailles jusqu'à ce qu'elle fussent assez abaissées pour permettre soit l'escalade, soit l'assaut ; la brèche, en un mot, se faisait de haut en bas. Les gros *carreaux en fer* étaient spécialement destinés à cette opération, rarement exécutés à cause du prix de ces projectiles et des difficultés que présentait leur fabrication. Le tir de plein fouet était plus généralement employé contre les portes qui étaient les parties les plus faibles de la fortification.

L'emploi de l'artillerie, par les assiégés, obligea les assiégeants à mettre leurs camps à l'abri des nouveaux projectiles, dont la portée et la puissance de pénétration étaient supérieures à celles des flèches.



Pour atteindre ce but, on utilisa les tranchées presque exclusivement employées auparavant pour établir des communications entre les camps. Dès 1347, Édouard III employa ces moyens pour protéger son armée, et Christine de Pisan, écrivait vers 1400, au sujet des tranchées : « Avec ce pourrait-on faire autour de la ville une levée en manière de boulevart, si que est dit : *affin que canons ne austres traicts ne puissent y grever l'ost.* »

Les bombardes, dont la défense faisait habituellement usage, étaient d'un petit calibre, ce qui permettait de donner au tir une plus grande rapidité, et de remplacer en partie les flèches par des projectiles d'une portée plus longue, capables d'un plus grand effet mécanique, et par conséquent d'une plus grande influence contre l'attaque. Outre cet avantage, les places avaient celui d'être toujours mieux approvisionnées en artillerie que les armées assiégeantes, car les difficultés du transport réduisaient celle de ces derniers à quelques bombardes souvent privées de munitions. On lit, en effet, dans Juvenal des Ursins, au sujet du siége de Corbeil par le duc de Bourgogne, en 1417 : « Il y perdait ses gens, tant par les saillies (sorties) que faisaient ceux de dedans comme aussi *les canons et traicts dont ils étaient bien garnis.* » Et Philippe de Commines, en parlant du siége de Beauvais, en 1472, par Charles le Téméraire, dit que ce prince avait *deux canons* qui tirèrent au travers de la porte *deux coups seule-*

ment, et y firent un grand trou ; s'il eust ses pierres pour continuer, il y fust entré sans doute. »

Ainsi, l'artillerie à feu favorisa la défense, et contribua puissamment à lui faire conserver son ancienne supériorité sur l'attaque. Quelques exemples choisis parmi ceux qu'a rapportés l'auteur des *Études sur l'artillerie*, en donneront la preuve.

Froissart, dans ses chroniques, raconte qu'Édouard III, victorieux, employa plus d'*un an* pour s'emparer de Calais, en 1347, et qu'en 1387, la forteresse de Ventadour résista *un an* au duc de Berry.

D'après Pierre de Fénin, Henri V, roi d'Angleterre, resta, en 1422, *onze mois* devant Meaux. En 1428, les Anglais, après être resté *huit mois* devant Orléans, furent obligés de lever le siége. La relation complète de ce siége mémorable, écrite en 1611, et rapportée par l'auteur des *Études sur l'artillerie*, résume et fixe les idées sur l'usage de l'artillerie jusqu'au milieu du xv[e] siècle.

L'influence de l'artillerie à feu sur la fortification fut à peine sensible. L'ancien tracé, les murailles et les tours élevées continuèrent d'être en usage. Cependant, comme on s'aperçut que les portes étaient très-exposées au tir de plein fouet des bombardes, on chercha les moyens de les en garantir. On les couvrit donc par des remparts de terre, soutenus par des clayonnages et des charpentes. Ces remparts furent appelés *boulevart* ou *boulevert.* En résumé, on voit

que, pendant la période 1328-1461, l'artillerie à feu eut peu d'influence sur la fortification et l'attaque des places, mais fut très-avantageuse à la défense qui, par son secours, conserva son ancienne supériorité.

DEUXIÈME ÉPOQUE, 1461-1515.

> La fortification en usage ne résista pas à cette nouvelle puissance (de l'artillerie). Elle ne put exposer impunément aux coups d'une artillerie redoutable ces tours et ces murs élevés qui duraient depuis tant de siècles. Remarquons que ce n'est pas immédiatement, comme on est habitué à le dire, mais 150 à 200 ans après sa naissance que la poudre à canon fit changer la fortification et la força d'entrer dans la voie nouvelle.
>
> L.-N. BONAPARTE, ch. II.

§ 1er. *Artillerie. — Perfectionnement. — Vitesse, justesse, effet du tir.*

Dans la seconde moitié du XVe siècle, l'artillerie reçut des perfectionnements remarquables qui auront une influence très-grande sur le rôle qu'elle jouera pendant la période que nous allons parcourir, ce sont :

1° L'invention des affûts à roues qui a donné le moyen de mettre les bouches à feu en batterie avec une grande promptitude; car on n'a plus eu besoin de faire les manœuvres, longues et pénibles, nécessaires, jusqu'alors, pour descendre les bombardes des *porte-corps* et les placer *sur leurs affûts de tir;*

2° L'invention des tourillons qui a donné le moyen de faire varier, avec facilité, l'inclinaison des bouches à feu, et par conséquent a rendu le chargement plus facile, le pointage plus prompt, et le tir plus rapide;

3° Le moyen de couler des bouches à feu d'une seule pièce avec leurs tourillons, et de leur donner une plus grande résistance tout en les allégeant, ce qui permit d'employer des charges de poudre plus puissantes;

4° Enfin, l'adoption des boulets en fer, qui a fait remplacer les anciens projectiles en pierre par d'autres moins volumineux sous le même poids, et d'une dureté beaucoup plus considérable. Le petit volume des boulets en fer eut pour conséquence un allégement considérable des bouches à feu, et la dureté leur donna une puissance de pénétration dans les corps durs, telle que les anciennes murailles devinrent insuffisantes pour résister aux effets du canon. « Les Français, écrivait Alain Chartier, conclurent de battre ledit chastel d'Harcourt, et du premier coup qu'ils jetèrent, percèrent outre les murs de la basse-cour qui était moult belle à l'équivalent du chastel qui est moult fort. »

Pendant la période actuelle, la rapidité du tir et sa justesse se sont considérablement accrues; car, d'après Moritz Meyer, les canons de l'artillerie de Louis XII, en 1497, pouvaient tirer environ *trente coups par jour*, trois fois plus que dans l'époque pré-

cédente. Philippe de Clèves porte ce nombre de coups à *quarante par jour*, « et n'y a, dit-il, canon en ses longs jours, je crois, qui ne *tire quarante coups* s'il n'a quelque fortune, *et les autres à l'avenant*.» La justesse était aussi beaucoup plus considérable, car, les canons avaient l'âme mieux forée, et les boulets de fer étaient plus réguliers et beaucoup plus denses que ceux de pierre.

§ 2. *Attaque des places. — De vive force. — Régulière. — Tranchées. — Sapes, défilement des tranchées. — Épaulement des batteries. — Composition des batteries. — Mines.*

Pendant la période actuelle, il y avait deux moyens d'attaque en usage, l'un de vive force, pour ainsi dire, l'autre régulier.

Le premier consistait à tirer à découvert d'abord de très-loin, puis à s'approcher successivement de la place. Ce genre d'attaque fut souvent employé par Charles VIII et par Louis XII, parce qu'on ne connaissait pas encore le moyen de faire arriver le canon à couvert jusque sur le bord du fossé. Mais les brèches faites ainsi de loin étaient souvent impraticables et l'escalade devenait nécessaire.

L'auteur des *Études sur l'artillerie* a démontré par l'histoire l'existence de ce mode d'attaque, et

donné quelques détails précieux à consulter sur la manière d'opérer. D'après un manuscrit de Philippe de Clèves, écrit vers la fin du xve siècle, ce genre d'attaque aurait été exécuté en faisant des feux en avançant par batterie, contre les défenses, les batteries des plus petits calibres étant en avant, de sorte que ceux-ci avançaient sous la protection des plus gros. Enfin, quand les défenses étaient ruinées, les gros canons avançaient à 30 ou 50 pas du fossé, et plus près quand ils le pouvaient, pour faire brèche aux murailles.

L'attaque régulière qui consistait à s'approcher de la place, à couvert, éprouva quelques innovations importantes. La première consistait à creuser des *tranchées* dirigées vers la place pour en approcher à l'abri des coups de l'assiégé. Ce genre de tranchée remonte au milieu du xve siècle, car, au siége de Caen, en 1450, « Dunois, dit Mathieu de Coucy, attaqua d'un côté et fit une attaque bien faite à merveille, et de l'autre côté le Connétable fit faire des approches qui *commençaient de l'abbaye, par lesquelles on pouvait aller jusques dans la ville.* »

Un passage du *Traité de la guerre*, de Philippe de Clèves, cité par l'auteur des *Etudes sur l'artillerie*, donne quelques renseignements sur les diverses manières de faire les tranchées. Il constate l'emploi des *gabions*. « J'ai vu aussi, dit-il, faire des approches de deux ou trois manières, premièrement, ce que j'ai vu prendre de mandes (paniers), qui sont faits

sans fonds.... et de nuit les asseoit là où l'on vouloit commencer.... et emplissoit on les mandes de terre et faisoyt on ainsy les approches là où l'on ne pouvoit fouir par fond, pour l'eau ou pour roche qui y pourroit être. »

Le même écrivain militaire parle aussi du défilement des tranchées d'approche. « J'ai vu, dit-il, faire les approches par tranchées, lesquelles fault qu'ils soient menés avec discrétion et sagement, *car il faut regarder aux tours, aux boulevarts et aux batteries de la ville, et faire courir les tranchées de telle sorte que nulle des batteries de la ville ne puisse battre dedans;* et les plus larges et les plus profonds et épais que vous pourrez est la manière la plus seure et moult aydable. »

Les épaulements en terre destinés à couvrir les batteries, commencent à être employés au lieu des manteaux devenus insuffisants pour abriter les bouches à feu et leurs servants. Ces épaulements analogues à ceux de nos jours, furent d'abord construits avec des tonneaux remplis de terre, qui ne tardèrent pas à être remplacés par des gabions.

Philippe de Clèves indique la composition d'une batterie à cette époque et la manière d'en régler le tir. Elle était composée d'après le passage cité par l'auteur des *Etudes sur l'artillerie*, de 6 gros canons, de 2 grosses coulevrines, 4 moyennes et 12 faucons, en tout 24 bouches à feu. Il prescrit de faire au moins trois batteries devant une place et

recommande d'attendre, pour ouvrir le feu, que tous les canons soient prêts à tirer.

On tirait contre les défenseurs, les machines, les murailles et les tours élevées qu'on pouvait battre de loin avec succès. Le passage suivant du *Jouvencel* le prouve clairement. « Vous devez faire des tranchées pour aller d'un siége à l'autre et rompre les saillies et les défenses tant canonnières qu'archières, et généralement toutes choses où ceux de dedans la place pourraient faire la guerre; et s'il y a aucunes tours, les battre, et abattre le plus qu'on peut. » Cependant, grâce aux perfectionnements de l'artillerie, la puissance de cette arme dans l'attaque des places, mise en évidence d'une manière si remarquable par les frères Bureau, pendant la conquête de la Normandie en 1450, grandit de plus en plus et domina entièrement la défense. De nombreux exemples le prouvent : nous choisirons les suivants.

En 1487, Louis XI réduisit Clisson, la Guerche, Ancenis, Chateaubriant, Vitré, Vannes, Dôle, Saint-Aubin-le-Cormier, Chastillon, Rhedon, Pillemil. En 1489, ce monarque prit, en huit jours, Rennes, en un jour, Fougères, la plus forte place de la Bretagne après Nantes, Saint-Malo, etc.

Il ne faut donc pas s'étonner de la terreur inspirée aux Italiens par l'artillerie perfectionnée de Charles VIII, lors de la descente en Italie en 1494, ni des résultats qu'elle amena. Avec cette artillerie, qui, d'après Guichardin, « tirait si rapidement, qu'elle

accomplissait en peu d'heures ce qui aurait nécessité en Italie plusieurs jours, » le Roi se fit livrer toutes les places de la république de Florence, Castelnova, Rome, Mont-Fortino, place réputée très-forte. Enfin il prit en *huit jours* la forteresse de Monte-Sancti-Giavanni, qui passait pour imprenable et avait été inutilement assiégée pendant *sept ans* par Alphonse II.

Plus tard l'artillerie fait ouvrir, en peu d'heures à Louis XII, les portes de Rocca d'Arezzo, en 1499 ; en 1507 et 1509, elle contribua puissamment à hâter la reddition des places de la Lombardie, telles que Bergame, Peschiera, etc.

L'artillerie a donc rendu l'attaque supérieure à la défense.

Une nouvelle invention vint encore augmenter cette supériorité. Cette découverte, dont le premier emploi remonte à 1503, est la *mine*. Pierre de Navarre l'employa le premier pour faire brèche, au siége du château Neuf, près de Naples. Les effets furent remarquables ; car, dit Guichardin, « après que Pierre de Navarre eut fait mettre le feu à la mine qu'il avait parfaite, l'impétuosité de la poudre ouvrit le mur de la citadelle, et au mesme temps les gens de pied espagnols qui estoyaient en bataille, attendant ceci, entrèrent dedans par plusieurs costés, partie par où le mur estoit rompu, partie par des eschelles. » Le second emploi fut fait au château de l'Œuf situé aussi près de Naples. Ce second emploi de la mine est remarquable, parce que c'était le seul

moyen de faire brèche. Ces résultats de la mine donnèrent une idée exagérée de sa puissance, comme l'expérience l'a prouvé plus tard; mais alors, dit Guichardin, « *on croyait que ni muraille, ni forteresse ne pourrait résister à des mines.* »

§ 3. *Défense. — Emploi des petites armes. — Conséquences.*

Pendant cette période, la défense active eut recours à l'emploi des petites armes à feu, dont la justesse et les effets obligèrent les assiégeants à se couvrir avec précaution pour avancer vers la place, et par conséquent de recourir à des travaux d'approche longs et pénibles. Mais le feu des grosses et des petites armes ne peut empêcher l'assiégeant de faire brèche aux tours et aux murailles, et de dominer la défense.

§ 4. *Fortification. — Épaississement des murailles. — Terrassement connu, mais peu employé.*

Malgré les inconvénients des tours et des murailles, on continua de suivre les anciennes manières de fortifier les villes et les châteaux, car la grosse

tour de Ham a été construite sous Louis XI. Mais on donnait aux murailles une très-grande épaisseur. Celles du château d'Hasbain construit en 1495, avaient 18 pieds d'épaisseur.

On commençait cependant à renforcer les murailles des villes par des remparts en terre. La ville de Padoue, assiégée en 1509 par Maximilien, employa ce moyen de défense. La relation du siége de cette ville, rapportée par l'auteur des *Études sur l'artillerie*, donne une idée complète de la guerre de siége au commencement du XVIe siècle.

On connaissait donc la propriété de résister aux effets de l'artillerie que possèdent les murs terrassés; mais on y avait rarement recours, parce que ne sachant pas donner aux murailles des épaisseurs convenables pour s'opposer à la poussée des terres, celles-ci suivaient la chute de la maçonnerie et formaient une rampe qui facilitait l'assaut; aussi Philippe de Clèves disait : « Quand on bat la muraille, j'ai veu toujours tomber le rempart avecque, et y faisait beaucoup meilleur monter. » Pour remédier à cet inconvénient, il proposait l'emploi d'un rempart en terre séparé de la muraille par un fossé; idée qui reparaîtra au XIXe siècle !

En résumé, l'ancienne fortification, malgré les tentatives faites pour l'améliorer, ne peut résister à l'attaque. Son règne brillant est passé. Dans la période suivante, l'auteur des *Études sur l'artillerie* nous fera connaître les tâtonnements de l'esprit

humain à la recherche d'un nouveau moyen de fortifier les places.

Malgré la longueur de l'aperçu que nous avons donné de la guerre de siége pendant la période 1461-1515, nous avons été obligés de négliger un très-grand nombre de faits et de détails intéressants qui, tout en allongeant outre mesure ce travail, auraient perdu par l'analyse le cachet particulier à leur époque et beaucoup de leur intérêt. C'est au beau livre du prince qu'il faut recourir pour s'initier aux mystères de la guerre de siége à cette époque, et suivre les oscillations de l'attaque et de la défense.

TROISIÈME ÉPOQUE, 1515-1589.

> Le XVe siècle vit s'opérer une révolution dans l'art de fortifier les places, mais cette révolution ne fut pas aussi brusque qu'on le croit communément. Elle fut lente et eut plusieurs transitions aujourd'hui oubliées....
> (L.-N. BONAPARTE, ch. III.)

§ 1er *Artillerie simplifiée. — Vitesse, justesse, effets du tir. — Pétard.*

Les inconvénients inhérents à la variété et au nombre des bouches à feu, des approvisionnements et des attirails de l'artillerie, conduisit à une simplification importante. « La confusion desdits calibres, écrivait Abra de Raconis (1), commissaire de l'artillerie sous François Ier et Henri II, amena un tel désordre pour raison de la diversité des boulets, quand se venait à l'exécution des dites pièces que, prudemment, nos prédécesseurs les ont réduites auxdits six calibres d'ouverture. » Cette réforme eut lieu en 1552, sous Henri II, et les six calibres de 33, 15, 7, 2, 1, 3/4, furent appelés *calibres de France*.

---

(1) Traité d'artillerie. (Manuscrit.)

Le matériel de l'artillerie reçut de grands perfectionnements, comme on l'a vu lorsqu'il a été question de l'artillerie de campagne contemporaine. La vitesse du tir augmenta considérablement. D'après Fronsperger, on pouvait, en 1550, tirer *cinquante coups par jour*. Moritz Meyer dit qu'au siége de Harlem, en 1572, quatorze pièces tirèrent six cent quatre-vingts coups dans un jour, moyennement *cinquante par pièce*. En 1587, au siége de Schluyss, chaque pièce tira *cent coups par jour*, et enfin, en 1593, d'après Vigenère, officier d'artillerie, une pièce pouvait tirer *cent vingt à cent trente coups par jour*.

Cet accroissement de vitesse du tir paraît dû à l'emploi de la lanterne pour charger les pièces, et surtout à l'invention des cartouches dont Fronsperger fait mention dans le *livre de guerre*, publié en 1552.

La justesse du tir devenait de plus en plus grande, parce que les bouches à feu et les projectiles recevaient des formes et des dimensions de plus en plus régulières.

En même temps, les notions sur la forme de la trajectoire des projectiles devenaient plus justes; les procédés de pointage plus exacts, grâce à l'emploi du quart de cercle dont la découverte est due au savant *Tartaglia* qui en vulgarisa les propriétés; le transport des canons sur affût facilitait la mise en batterie; — tout concourut donc à augmenter les

effets et à développer les précieuses ressources de l'artillerie.

Enfin, pendant cette période surgit un nouvel agent favorable à l'attaque, le *pétard*, qui caractérise bien les guerres de coups de main comme étaient celles de religion. Le pétard fut employé pour la première fois d'une manière remarquable en 1580, au siége de Cahors, par le roi de Navarre. Saint-Émilion fut aussi pris par ce moyen; dès lors le pétard fit partie des machines d'attaque.

§ 2. *Attaque. — Approches. — Sape. — Cavaliers de tranchée. — Batteries de brèche sur la contrescarpe. — Composition.*

Pendant cette période, les procédés d'attaque font quelques progrès qui méritent d'être signalés. Les tranchées, pour approcher de la place étaient, en général, creusées en zigzags comme auparavant; on employait aussi des cheminements couverts par des *gabions* remplis de terre, comme au siége de Guines en 1558. Les cheminements étaient défilés, et pour rendre leur défilement plus facile, Busca recommandait, en 1585, de ruiner d'abord les tours et les cavaliers qui dominaient le terrain des travaux de l'assiégeant. On employait aussi, d'après Lorini, des montagnes

de terre ou *cavaliers* élevés pour plonger dans la place et chasser les assiégés des défenses. Busca prescrivait de faire plusieurs attaques séparées, et d'*occuper les contrescarpes pour battre en brèche*; mais l'établissement des batteries de brèche sur la contrescarpe avait eu lieu depuis le milieu du XVIe siècle.

On lit en effet dans un passage de Rabutin, relatif au siége de Guines, en 1558, par le duc de Guise: « fit poursuivre l'œuvre ou luy-même (duc de Guise), pour augmenter les courages et servir d'exemple à chacun, se présentait le premier, et avait aussitost la main à l'outil et à tirer et pousser le canon, que le moindre pionier de toute la troupe, et tellement il continua à remuer terre et *dresser gabionades*, que dans deux ou trois jours après, il approcha et mit les bouches de son artillerie au nombre de trente-cinq pièces *en batterie jusques sur le bord du fossé* pour battre tant droit qu'on traversait en trois endroits. »

On employait aussi, quand les places étaient sans dehors et avaient des fossés secs, une espèce de batterie de brèche dont l'histoire offre plusieurs exemples. L'assiégeant poussait des galeries souterraines jusqu'à la contrescarpe, y perçait des ouvertures ou embrasures, par lesquelles il battait en brèche le pied des murailles, détruisait les casemates, les communications de l'assiégé, et neutralisait la défense du chemin couvert. Cette espèce de batterie de brèche

fut employée en 1529, au siége de Monopoli, par les Espagnols, et en 1571, à celui de Sala, par les Français.

La composition des batteries, à cette époque, est connue par un manuscrit de Jahan Bythaem, écrit en 1553, et dont l'auteur des *Études sur l'artillerie* cite un précieux extrait. D'après cet écrivain, une grosse batterie était composée de 6 *canons de* 50 *livres, de* 2 *grosses couleuvrines de* 18, *de* 4 *moyennes et de* 12 *faulcons*. « En une double batterie, dit-il, est besoing d'avoir 4 *doubles canons* (de 80), 12 *courtaux* (de 50), qu'on appelle en France, *canons raccourcis*... 4 *couleuvrines bastardes* (de 18), 8 *moyennes* (de 12) et 24 *faulcons*. »

Le tir avait pour objet de faire brèche aux pieds des murailles, afin d'éviter l'emploi des échelles pour monter à l'assaut. Busca, en 1585, prescrivait de faire brèche à la face du boulevart, et, tout en conseillant de battre la muraille perpendiculairement, engageait à *employer le tir oblique après que le parement était enlevé*. Cette dernière recommandation est remarquable, car on en a reconnu la justesse aux expériences de Bapaume en 1846.

Lorini distinguait trois manières d'employer l'artillerie dans l'attaque des places : « La première, de détruire les défenses en contrebattant les flancs ; la seconde, de couper la muraille le plus bas possible, c'est-à-dire au milieu de la hauteur des faces et de l'angle du boulevart, la faire ainsi tomber pour obte-

nir une mor. e facile; la troisième, d'*élever l'artillerie sur des cavaliers* assez hauts pour voir dans l'intérieur de la forteresse, et pour en battre les défenseurs de front et de flanc. »

Enfin, l'assaillant exécute non-seulement le passage des fossés secs, mais encore celui des fossés pleins d'eau. Le duc de Guise, en 1558, au siége de Guines, opéra un passage de fossés pleins d'eau et très-profonds, au moyen d'un pont formé de tonneaux, de planches et de claies.

L'auteur des *Études sur l'artillerie*, donne en détail la relation des travaux remarquables exécutés pendant ce siége mémorable.

Ainsi, ni les murailles ni les fossés pleins d'eau ne peuvent arrêter l'assiégeant; la défense est obligée de recourir à l'industrie pour prolonger la durée des siéges, et enfin d'employer un nouveau système de fortification.

§ 3. *Défense. —Artillerie. — Fougasse. — Remparement.*

La défense faisait un grand usage des armes à feu, surtout de celles d'un petit calibre; celles dont parle Lavalle étaient : l'*escopette*, *l'arquebuse* (plus grosse que l'escopette), la *bombardelle*, le fauconneau, le *mortier*, le *sacre*, la *couleuvrine*, le *passe-volant*, le

basilic et *autres bombardes*. Lorini recommanda l'emploi des canons qui se chargent par la culasse.

Les artifices étaient aussi en grand honneur; le même auteur cite, entre autres, les pots à feu, les balles incendiaires, les balles à feu pour éclater (sorte de grenades ou de bombes), et des trompes à feu; ces derniers instruments avaient une enveloppe cylindrique en cuivre de la grosseur du bras, et étaient fixés à l'extrémité d'une pique pour darder les flammes contre l'ennemi... Mais il paraît, d'après Lorini, que souvent les artifices étaient plus dangereux pour ceux qui les employaient que pour les ennemis.

Les assiégés faisaient aussi usage d'une espèce de *fougasse* pour faire sauter les assiégeants attirés en grand nombre sur un point déterminé par une fuite simulée. L'auteur des *Etudes sur l'artillerie* donne la description de cette fougasse singulière.

Mais toutes les tentatives faites pour défendre les villes enfermées dans les anciennes fortifications étaient vaines; le canon de l'assiégeant les forçait à se rendre.

Cependant, quand les commandants des places assiégées étaient ingénieux, actifs et énergiques, elles soutenaient de glorieuses défenses. Le moyen de défense généralement employé pour arrêter l'assiégeant consistait, soit à remparer la muraille, soit à construire, en arrière des murs battus en brèche et pendant l'attaque, de nouveaux ouvrages de fortifi-

bois et détacher les charpentes, neutralisait leurs propriétés défensives. Aussi chercha-t-on les moyens de remplacer ces constructions coûteuses et peu durables.

La ruine des machicoulis par le canon de l'assiégeant, empêchant l'assiégé de voir le pied des murailles, conduisit à les défendre par des feux de flancs. On obtint ces flanquements au moyen de petits ouvrages, placés en avant et près des murailles. Les uns, bientôt abandonnés, furent construits comme les remparts dont on vient de parler, d'où leur vint le nom de *bastions*, qui est bien antérieur au tracé bastionné ; les autres étaient de petits édifices en maçonnerie, adossés à la muraille et communiquant seulement avec l'intérieur de la place ; cette espèce d'ouvrage, nommé *casemate* en Italie, et *moineau* en France, fut très en usage dans le courant du XVI[e] siècle, même avec les premières enceintes bastionnées. Mais bientôt ces casemates, qui gênaient le flanquement du corps de la place, changèrent de place et furent établies sous les batteries de flancs des bastions, ce qui, d'après l'auteur des *Études sur l'artillerie*, fit donner au mot *casemate* le sens qu'il a aujourd'hui en France.

La nécessité d'obtenir des flanquements conduisit nécessairement au tracé bastionné. Mais, comme dit l'auteur des *Etudes sur l'artillerie*, « avant de connaître l'histoire d'un art, on la croit toujours plus simple qu'elle ne l'est ; celle de la fortification est ici dans ce cas. On a attaché une grande importance à trouver

chez quelle nation, à quelle date précise, par quel homme a été dessiné ou construit le premier bastion moderne. Cette question n'a pas l'importance qu'on lui attribue; car on connaîtrait ce nom, qu'on n'aurait pas celui de l'inventeur ni surtout celui du père de la fortification moderne.

« Le tracé que nous appelons bastionné, fut connu dès qu'on s'occupa sérieusement d'obtenir des flanquements, et il est antérieur à la fortification moderne. Le *Traité d'architecture civile et militaire*, de Francesco de Georgio Martini, écrit dans la seconde moitié du xve siècle, en offre de nombreux exemples. Le tracé bastionné n'a pas été mis en pratique dès cette époque : c'est parce qu'il offrait des inconvénients, et qu'il n'était pas encore nécessaire. »

Il est très-intéressant de suivre, dans le livre du prince Louis-Napoléon, l'histoire des transformations par lesquelles a passé l'art de fortifier, pour arriver au système bastionné, et de connaître les causes qui ont conduit à imaginer le tracé, les formes et la construction des diverses pièces qui entrent dans la fortification moderne. L'auteur des *Études sur l'artillerie*, recomposant le passé au moyen des écrits de Machiavel en 1425, de Castrioto et Maggi en 1550, d'Albert Durer en 1535, de Busca en 1585, de Vigenère en 1577, enfin de Lorini en 1597, fait raconter au lecteur par les auteurs eux-mêmes les tentatives qu'ils ont faites pour améliorer la fortification, lui en fait découvrir les causes

volumes furent brûlés, car il n'y a peintre, imagier, maçon, menuisier, charpentier, architecte, et en somme mille sortes de gens qui n'y aient employé leur crayon, comme si cela consistait à portraire et à savoir tirer une ligne droite ou courbe avec la ligne et le compas, et s'imaginer dans son esprit le dessin d'une place forte et non pas une practique de longue main acquise par un grand usage de s'être trouvé à plusieurs siéges tant en assaillant qu'en défendant, où l'on a pu observer par expérience ce qui peut en tel cas nuyre ou ayder, *dont l'un des principaux poincts est de sçavoir bien accommoder la fortification artificielle à la naturelle situation du lieu, parce que telle chose pourrait estre à propos en un endroit, qui nuirait en l'autre.* »

En résumé, à la fin de cette période, on avait imaginé successivement les divers ouvrages qui constituent la fortification moderne. Elle parvient ainsi à lutter contre l'attaque sans trop d'infériorité. Il ne reste plus qu'à établir entre ces éléments nouveaux une corrélation rationnelle qui constituera le nouvel art de fortifier les places.

QUATRIÈME ÉPOQUE, 1589-1648.

> La prise d'une place ne se décide plus, comme dans les temps antérieurs, à l'assaut de la brèche du corps de place, et la fortification doit avoir créé des obstacles auparavant. ...Sully disait à cette occasion (siége de Montmélian, en 1600) qu'on ne savait pas ce que pouvait, pour un siége, une artillerie forte et bien servie.
>
> (L.-N. BONAPARTE, t. II, liv. IV.)

§ 1. *Artillerie.* — *Vitesse du tir des canons.* — *Bombes.* — *Difficultés de leur tir.* — *Effets.*

Pendant cette période, l'artillerie tend à diminuer le nombre des calibres et à simplifier les approvisionnements et les nombreux attirails nécessaires à son service. Sully en France, le comte de Bucquoy dans les Pays-Bas, Gustave Adolphe en Suède, font entrer l'artillerie dans cette voie de progrès que celle de France suivait déjà sous Henri II, mais qu'elle avait quittée pendant les guerres civiles. On revint en France aux six calibres fixés par Henri II ; mais vers 1634, on y ajouta ceux de 24 et de 12.

La vitesse du tir, constatée par l'*Instruction sur le faict de l'artillerye*, variait selon les calibres.

du cheminement. C'est la première fois qu'ils est fait mention de ce moyen d'approche.

Au siége d'Ostende, en 1602, on employa encore un nouveau moyen d'approche des places. « C'était, d'après la relation du siége d'Ostende, un gros cylindre construit en bois, terre et briques d'un diamètre assez grand pour couvrir un homme à cheval, et d'une résistance suffisante pour le garantir du canon. On faisait rouler ce *saucisson* soit en le poussant au moyen de crics, soit en faisant tirer par des chevaux ou des hommes, des cordes passées sur des poulies attachées à des ancres fixées dans le sable. » Ce *saucisson*, comme on voit, était analogue au *gabion-farci* en usage de nos jours.

Le siége d'Hesdin, en 1637, par le maréchal de la Meilleraie, est remarquable par les travaux exécutés pour approcher de la place. On remarque, dans la relation de ce siége, le couronnement de la contrescarpe défilé par des traverses. « On y était aussi assuré qu'aux premières tranchées, parce qu'il n'y avait aucun lieu qui fût enfilé ni veu de la place. »

Dans ce siége, on désarma les premières batteries masquées par les travaux faits en avant et on se servit des bouches à feu devenues inutiles pour armer *les batteries construites sur la contrescarpe*. Nous ferons remarquer que déjà on faisait usage de batteries enterrées, car Sully décrit leur construction. Les batteries de brèche sur la contrescarpe étaient composées, d'après Sully, de vingt pièces

pour battre la courtine, savoir : 8 canons, 4 couleuvrines, 4 bâtardes et 4 moyennes, et de 18 pièces pour faire brèche au bastion, savoir : 8 canons, 4 couleuvrines, 3 bâtardes et 3 moyennes.

Les canons et les couleuvrines battaient les murailles, les bâtardes et les moyennes tiraient aux défenses.

On voit au siége de Grave en 1602, l'assiégeant exécuter une descente souterraine dans le fossé, et cheminer dans celui-ci au moyen de galeries couvertes ; enfin, le siége de Grol, en 1597, offre l'exemple du *couronnement de la brèche* par l'assiégeant, afin de s'y maintenir malgré les retours offensifs de l'assiégé.

Les travaux d'approche, surtout dans les dernières périodes du siége, ont donc fait des progrès remarquables.

En résumé, à l'époque à laquelle nous sommes parvenus, les attaques de vive force ont disparu ; l'assiégeant est obligé de cheminer lentement, pied à pied, et avec de grandes difficultés. Deville, dit, en effet, en parlant de cheminements rapprochés : « J'avertirai que lorsqu'on est si proche, on fait les tranchées comme on peut, et non comme on veut. » Ce sont ces difficultés qui engageaient souvent l'assiégeant à employer la mine pour faire brèche aux remparts afin d'éviter les dangers inhérents à la construction des batteries de brèche sur la contrescarpe.

En un mot, les curieuses relations des siéges de cette époque, surtout celles des siéges d'Ostende en 1602, d'Hesdin en 1637, mettront le lecteur curieux au courant des procédés d'attaque en usage pour approcher des places.

§ 3. *Défense. — Artillerie. — Contre-approches et fortification.*

La défense pendant cette période lutte avec avantage avec l'attaque, en s'ingéniant à ralentir la marche des travaux d'approche de l'assiégeant, soit par le feu de l'artillerie, les contre-approches, etc., soit en lui opposant successivement des ouvrages de fortification d'un tracé, d'un relief et d'une construction mieux calculés pour résister longtemps aux attaques.

L'assiégé ne se borne plus, comme dans la période précédente, à une défense passive, au moyen de remparts construits derrière les brèches, mais il cherche aussi à arrêter l'assiégeant par la supériorité du feu de son artillerie. Nous citerons comme exemple la défense de Cambrai, en 1691, pendant laquelle les assiégés, non-seulement démontèrent neuf pièces ennemies, mais encore obligèrent les assiégeants de désarmer leurs batteries et d'en construire de nouvelles que l'artillerie de la place « rendit tout à fait

impossibles. » Ce n'est pas tout encore, l'assiégé fait de fréquentes sorties pour détruire les travaux de l'attaque, et essaie de diriger des cheminements à ciel ouvert, contre ceux de l'assiégeant. Ces cheminements, connus sous le nom de *lignes de contre-approches*, ont été employés avec succès dans deux circonstances rapportées par Floriani, savoir : par le comte de Bacquoy, à Budweis, et par les Italiens pour la défense de Vercelli.

En résumé, les relations du siége d'Ostende, en 1602, d'Hesdin, en 1637, de Dole, en 1636, méritent une attention particulière, car elles suffisent pour fixer les idées sur les procédés employés pour la défense des places au commencement du XVIIe siècle.

A la fin de la période précédente, nous avons laissé les éléments de la fortification bastionnée dans un certain état d'incohérence, mais dans la période actuelle, ils prennent des formes plus rationnelles et se combinent de manière à former système.

L'auteur des *Etudes sur l'artillerie* expose les systèmes de fortification d'Errard de Bar-le-duc, de Marolois, d'Hondius et de Deville, met en évidence leurs propriétés, leurs inconvénients, fait raconter par les auteurs les motifs qui les ont engagés à adopter tel tracé, tel profil, en un mot, initie les lecteurs aux mystères de l'art de fortifier au commencement du XVIIe siècle.

Parmi les idées émises par les ingénieurs du XVIIe siècle, nous en citerons une de Deville, qui

consistait à élever de quatre pieds seulement le parapet tout autour de la place, pour que le *canon pût tirer partout sans embrasure.* « Il motive longuement et fortement cette opinion qui, aujourd'hui, dit l'auteur des *Etudes*, pourrait encore mériter d'être examinée mûrement. »

Cette idée reparaît dans le système de défense des places, au moyen de l'artillerie de campagne, proposé, en 1846, par le lieutenant-colonel Tortel (1). Cet officier supérieur d'artillerie a proposé, dans son mémoire, d'employer pour cette défense, principalement le tir à barbette des bouches à feu de campagne, en modifiant convenablement le terre-plein. Aussi propose-t-il de l'exhausser suffisamment pour permettre partout le tir à barbette, et d'établir, entre le pied du talus intérieur du parapet et la barbette ou terre-plein destiné à porter le canon, un chemin creux de 1 mètre 90 cent. de largeur, pour ne pas découvrir les fantassins disposés le long de la crête pour faire feu.

Vers le milieu du XVIIe siècle, on était parvenu, tant par un meilleur emploi de l'artillerie que par le tracé et le profil des fortifications, à donner à la défense les moyens de lutter avec avantage contre l'attaque auparavant si supérieure. C'est à cette époque que s'arrête l'ouvrage que nous venons d'esquisser

---

(1) Spectateur militaire, 1847.

d'une manière insuffisante pour donner une idée complète des richesses qu'il renferme.

Nous ne pouvons mieux terminer ces esquisses sur l'influence de l'artillerie dans la guerre de siége, qu'en rapportant le résumé que l'auteur des *Etudes sur l'artillerie* fait lui-même de son ouvrage : « Si, en terminant ce livre, dit le prince, nous jetons un coup d'œil en arrière pour avoir une vue d'ensemble qui nous permette de juger l'influence déjà exercée par les armes à feu sur la guerre de siége, nous reconnaîtrons que l'invention et les progrès de l'artillerie ont amené, par des transformations successives, une révolution complète dans la fortification, l'attaque et la défense des places. Il n'y a plus rien de commun, si ce n'est le but, entre les procédés employés à l'époque à laquelle nous sommes arrivés, et ceux que nous avons décrits au commencement de ce livre. Il est à remarquer que si la fortification est devenue de plus en plus compliquée, de plus en plus coûteuse, elle est pourtant parvenue à mettre la défense en état de lutter, sans trop d'infériorité contre l'attaque. A la fin du règne de Louis XIII, la prise d'une place fortifiée par tous les moyens en usage, n'était rien moins qu'assurée tant que la garnison conservait des munitions et des vivres. Il y avait donc alors à peu près équilibre entre l'attaque et la défense ; il n'en sera plus ainsi dans la période qui va suivre, où nous verrons l'art de l'attaque acquérir sur la défense une supériorité qu'il a con-

servée jusqu'à nos jours. C'est à la France que reviendra l'honneur de ces nouveaux progrès. »

L'emploi du tir à ricochet dans l'attaque des places, auquel l'auteur des *Etudes sur l'artillerie* fait allusion, a, en effet, depuis le siége d'Ath, où Vauban montra sa puissance pour la première fois, rendu l'attaque si supérieure à la défense, qu'avant la fin du XVIIIe siècle, la fortification bastionnée tendait à se transformer. Les modifications apportées dans la fortification des principales places de l'Allemagne, depuis le commencement du XIXe siècle, sont une preuve de cette tendance de l'art de fortifier à entrer dans une nouvelle voie, malgré les hésitations des ingénieurs français.

Est-il cependant absolument nécessaire de changer le système de fortification en usage pour rétablir l'équilibre entre l'attaque et la défense ? Il est permis de croire que les progrès accomplis dans l'artillerie peuvent éviter cette révolution. Car un tir de nuit, rendu plus juste par un éclairage convenable, l'incendie des gabions farcis par des fusées et des projectiles incendiaires, la destruction en quelques minutes, au moyen de fusées explosives, des batteries de brèche péniblement établies, l'emploi des schrapnells, etc., pourraient probablement rétablir l'équilibre entre la défense et l'attaque, équilibre aujourd'hui l'objet des préoccupations des ingénieurs militaires.

Les deux premiers volumes des *Etudes sur le*

passé et l'avenir de l'artillerie, dont nous avons essayé de donner un aperçu suffisant pour que le lecteur puisse avoir une idée des nombreux sujets que le princ auteur a abordés et traités, l'histoire à la main, avec un talent si remarquable, sont malheureusement les seuls qui aient vu le jour. Ils font vivement désirer que les hautes fonctions confiées par la France au prince Président de la République, lui permettent d'achever le magnifique monument dont l'artillerie française doit le plan et les premières assises aux laborieuses études du capitaine Louis-Napoléon Bonaparte.

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA MESURE DE LA VITESSE DES PROJECTILES

Par NAVEZ, Cap.-comm. à l'Ét.-maj. de l'artillerie Belge. (*Suite*)

VIII.

En 1843, M. Wheatstone fournit à M. Konstantinoff, capitaine d'artillerie dans la garde de Sa Majesté l'empereur de Russie, un chronoscope destiné aux expériences de balistique et dont il donne la description en ces termes : « J'avais trouvé par expérience « que lorsqu'une pièce de fer doux avait été attirée par « un électro-aimant et que le courant venait ensuite « à cesser, bien que le fer parût retomber immédia- « tement, son contact était maintenu pendant un « temps qui, plusieurs fois, équivalait à une fraction « considérable de seconde. La durée de cette adhé- « rence augmentait avec l'énergie du courant vol- « taïque et avec la faiblesse du ressort à réaction. « Pour la réduire à un minimum, il était nécessaire « d'employer un courant très-faible et d'augmenter « la résistance du circuit, jusqu'à ce que la force d'at- « traction de l'aimant fût réduite au point de ne sur- « passer que d'une faible quantité la force de réac- « tion du ressort ; mais alors l'aimant n'avait plus la « force suffisante pour attirer le fer lorsque le projec- « tile frappait le but. Cependant je surmontai cette « difficulté de la manière suivante : j'arrangeai les « fils métalliques du circuit de telle sorte, qu'avant « que le boulet ne fût lancé par le canon, le courant « d'un seul élément de très-petites dimensions et ré- « duit au degré convenable, au moyen d'un rhéostat « aussi interposé dans le circuit, agissait sur l'électro-

« aimant : lorsque le boulet arrivait au but, six élé-
« ments, sans la résistance du rhéostat, agissaient
« simultanément sur l'aimant. Mais, même avec ces
« précautions, qui sont efficaces jusqu'à un certain
« degré, il y a encore du temps de perdu durant l'at-
« traction du fer par l'aimant, aussi bien que pen-
« dant son adhérence après que le courant a cessé :
« la différence de ces deux erreurs rendrait les ap-
« proximations de 1/500 ou de 1/1,000 de seconde
« tout à fait incertaines. Toutefois l'erreur provenant
« de cette source peut se réduire facilement à moins
« de 1/60 ou de 1/100 de seconde, et dans mon opi-
« nion, un chronoscope qui divise les secondes en
« 60 parties, et qu'on peut prouver ne donner jamais
« lieu à une erreur dépassant une seule de ces divi-
« sions, est préférable à un instrument offrant des
« divisions plus avancées et qui donnerait lieu à
« des erreurs embrassant bon nombre de ces divi-
« sions. Guidé par ces expériences je fus en mesure
« de construire un chronoscope très-simple et très-
« efficace. Un échappement très-simple était mis en
« mouvement par un poids suspendu à l'extrémité
« d'un bout de fil enroulé dans une hélice creusée
« sur un cylindre fixé sur l'axe d'une roue à échap-
« pements. Sur cet axe était aussi adaptée une aiguille
« qui, conséquemment, avançait d'une division à
« chaque échappement. Quand il était nécessaire de
« prolonger le temps de l'expérience, la roue à
« échappement et le cylindre étaient établis sur des

« axes différents, et leur engrenage s'opérait au « moyen d'une roue et d'un pignon; dans ce cas, « deux aiguilles étaient employées. Au moyen de cette « constrvction, on évite l'accélération du mouvement « qui aurait lieu s'il n'y avait pas d'échappement, et « l'index franchit chaque division dans un même « temps. Le poids était disposé de manière à pouvoir « se régler et la valeur d'une seule division était ob- « tenue en divisant le temps de la chute entière par « le nombre des divisions franchies dans cet intervalle. « Des méthodes plus exactes peuvent être employées.

« Au moyen de cet instrument j'ai mesuré le temps « mis par une balle de pistolet à parcourir différen- « tes portées avec des charges différentes de poudre. « La répétition de ces expériences donna lieu à des « résultats passablement constants, présentant rare- « ment une différence de plus d'une division du chro- « noscope. Je mesurai aussi la chute d'une balle de « différentes hauteurs, et la loi des vitesses accélé- « rées fut obtenue avec une rigueur mathématique. « Avec l'appareil dont je me servis pour cette der- « nière expérience, je pouvais mesurer la chute d'une « balle de la hauteur d'un pouce. »

Nous voyons que M. Wheatstone, appliquant les connaissances profondes qu'il possède dans la science de l'électricité, fait faire un pas vers le progrès à son chronoscope, en employant un courant faible lorsqu'il s'agit d'obtenir rapidement et régulièrement l'effet que nous avons appelé *désaimantation suffi-*

sante, tandis qu'il fait au contraire usage d'un courant énergique pour activer l'électro-aimant de son appareil, quand il doit fonctionner par attraction.

Nonobstant ce perfectionnement, l'erreur dépendant des actions électro-magnétiques seulement, ne peut être réduite qu'à 1/60 ou 1/100 de seconde; admettons 1/100. Or, cette approximation dans la mesure du temps est tout à fait insuffisante lorsqu'il s'agit d'évaluer la vitesse des projectiles de l'artillerie. Si on voulait, par exemple, obtenir la vitesse initiale d'un boulet tiré à la charge ordinaire, en cherchant le temps qu'il met à franchir un espace de 50 mètres à compter de la bouche du canon, une erreur de 1/100 de seconde en amènerait une d'envirou 50 mètres dans la vitesse cherchée. Remarquons aussi que l'on ignore si l'erreur est en plus ou en moins ce qui augmente encore les inconvénients de l'inexactitude des résultats accusés par l'appareil chronoscopique.

Nous sommes tenté d'attribuer la constance des résultats obtenus dans les expériences exécutées au moyen d'un pistolet, dont parle M. Wheatstone, à un défaut de sensibilité du chronoscope : on comprend que de petites variations dans le temps à mesurer peuvent ne pas être mises en évidence par un appareil dont l'aiguille ne s'arrête qu'en certains points du cadran, points dont le nombre augmente avec la vitesse de l'échappement et qui limitent, par leur espacement, la fraction de seconde la plus petite que pût indiquer l'instrument.

Le temps employé par une balle pour tomber de la hauteur d'un pouce est de 0'',0719 ; le chronoscope ne peut accuser le temps à moins de 0'',01 près ; donc, si les résultats de l'expérience citée concordaient avec ceux du calcul fait d'après les lois de la chute libre des corps, on ne doit attribuer cette coïncidence qu'au hasard, puisque l'erreur due aux causes électro-magnétiques seules pouvait atteindre 1/7 du temps total qu'il fallait apprécier.

On trouve dans la légende des planches du *Traité de télégraphie* de M. l'abbé Moigno, 2e édition, sous le titre de « chronoscope de M. Wheatstone, perfectionné par M. Hipp, la description d'un appareil chronoscopique qui ne diffère pas en principe de celui imaginé en premier lieu par le professeur anglais. Voici les passages de cette description qui présentent quelque intérêt. « La roue d'échappement est munie « d'un ressort ou cliquet qui fait mille oscillations « par seconde, et laisse passer une dent de la roue à « chaque oscillation. Aussi longtemps que le courant « circule dans le fil électro-aimant, les aiguilles sont « arrêtées, tandis que l'horloge marche incessam- « ment; mais aussitôt que le courant est interrompu « dans le fil de l'électro-aimant, les aiguilles se mettent « en mouvement sans que la marche uniforme de « l'horloge soit en aucune manière troublée, et elles « s'arrêtent dès que le courant est rétabli, l'horloge « continuant toujours à marcher. On lit sur les ca- « drans, en dixièmes et en millièmes de seconde,

« temps pendant lequel le courant a été interrompu.
« Ce temps peut être celui qu'a employé un corps
« pesant à tomber d'un décimètre de hauteur, temps
« qui n'est qu'un cinq-centième de seconde, et que
« le chronoscope permet cependant d'apprécier. »
Vient ensuite la manière de disposer les accessoires du chronoscope pour l'approprier à mesurer le temps employé par une balle de fusil pour franchir *un ou plusieurs mètres;* ces dispositions sont les mêmes que celles qui ont été décrites en parlant du premier appareil de M. Wheatstone. La note est terminée comme suit : « On pourrait mesurer de la même manière
« avec le chronoscope la vitesse d'inflammation de
« la poudre, et même avec quelques dispositions ad-
« ditionnelles, la vitesse de la lumière et de l'élec-
« tricité. Le chronoscope de M. Hipp est admira-
« blement construit, il fonctionne parfaitement et
« M. Wheatstone l'a définitivement adopté comme ap-
« pareil modèle. »

Les améliorations apportées au chronoscope par M. Hipp consistent uniquement dans le perfectionnement du chronomètre; la combinaison électro-magnétique est restée la même que dans le premier appareil de M. Wheatstone. L'idée de ne rendre les aiguilles solidaires du mouvement de l'horloge que pendant le temps qu'il s'agit de mesurer, est très-ingénieuse; cette disposition a pour effet de diminuer la masse de matière à mettre en mouvement et à arrêter, au moyen du jeu de l'aimant temporaire,

circonstance favorable à l'exactitude des indications du chronomètre. Mais à quoi sert un chronomètre indiquant le temps à 1/1000 de seconde près, si la combinaison électro-magnétique qui y est annexée ne permet pas même d'atteindre une approximation de 1/100 de seconde ? Dans la note que nous venons de citer, il est dit, en parlant de la mesure du temps de la chute libre des corps, que « ce temps déterminé « par le chronoscope s'accorde jusqu'au millième de « seconde avec celui assigné par la théorie. » Ce n'est pas là une grande approximation lorsqu'il s'agit de mesurer des temps qui, d'après la même note, peuvent descendre jusqu'à 1/500 de seconde ; l'erreur pourrait atteindre la moitié du temps total à apprécier. Mais remarquons que la note du *Traité de télégraphie* indique 1/500 de seconde pour le temps employé par un corps pour tomber librement de 0 m,1 de hauteur, tandis que ce temps est réellement de 0",01428 ; l'erreur de 1/1000 de seconde ne serait donc que de 1/14 environ du temps total à mesurer ; c'est encore beaucoup trop, et l'appareil de M. Hipp, même en le supposant parfait sous le rapport de la combinaisen électro-magnétique, condition qu'il est loin de remplir, ne pourrait être employé avec succès aux recherches délicates indiquées par le constructeur.

Nous devons conclure de ce qui précède que l'ingénieux appareil chronométrique de M. Hipp n'a pas rendu le chronoscope de M. Wheatstone assez

parfait pour qu'il pût être employé avec succès à la mesure de la vitesse des projectiles de l'artillerie, parce que ce chronoscope est resté soumis aux causes d'erreur de sa combinaison électro-magnétique.

IX.

Nous avons signalé le procédé de M. Wheatstone, consistant dans la fermeture du circuit voltaïque au moyen du choc du boulet contre la cible, comme présentant de graves inconvénients. M. Wheatstone se sera sans doute aperçu de ces inconvénients, puisqu'il indique une disposition du système électro-magnétique destiné à déterminer les indications du chronomètre, qui supprime ce mode de conjonction; voici comment il décrit cette disposition : « Au lieu « de rompre la continuité du circuit et de la recons- « tituer ensuite comme nous l'avons dit jusqu'ici, « l'électro-aimant est maintenu en équilibre au « moyen de deux courants égaux et opposés : en in- « terrompant le premier circuit, l'équilibre est dé- « truit, et, en interrompant le second, le courant « occasionné par la destruction de l'équilibre cesse. « Le second circuit est rompu par une balle traver- « sant un cadre sur lequel est tendu un fil métallique « très-fin, disposé en lignes parallèlles et très-serrées, « et formant partie du circuit. »

Cette disposition présente sur la précédente le

grand avantage de généraliser l'emploi du chronoscope en le rendant aussi propre aux expériences sur le tir des pièces d'artillerie qu'à celles sur le tir des armes à feu portatives. Nous donnerons le nom de *cadres-cibles* aux cadres sur lesquels on étale, en circuit continu, le fil métallique dans lequel le projectile doit produire une disjonction. Presque tous les appareils électro-balistiques dont nous aurons à nous occuper, nécessitent l'emploi du cadre-cible.

Le moyen imaginé par M. Wheatstone pour rendre un électro-aimant actif par suite d'une disjonction opérée par le projectile, et sans l'intermédiaire d'un conjoncteur, est remarquable. Il doit d'autant plus fixer notre attention, que nous le retrouverons appliqué dans une combinaison de pendule électro-magnétique destiné aux expériences de balistique et dont le projet a été soumis il y a peu de temps à l'Académie des sciences, par un officier distingué de l'artillerie française, M. le capitaine Martin de Brettes. Le procédé des *courants en équilibre* est d'ailleurs aussi appliqué par M. Wheatstone à son chronoscope à cylindre tournant dont nous nous occuperons bientôt.

Voici comment nous avons compris et réalisé les dispositions des courants en équilibre : la bobine de l'électro-aimant était formée de deux fils métalliques de longueurs égales entre elles (bobine dite en section double) ; chacun de ces fils communiquait avec une source constante d'électricité, et les appa-

pareils électro-moteurs, qui étaient deux piles de Grove, se trouvaient placés dans les circonstances nécessaires pour donner lieu à des courants égaux en intensité. Comme on le pense bien, malgré les précautions prises pour obtenir des courants dont les actions sur l'aimant temporaire pussent se neutraliser, cette condition n'était pas entièrement satisfaite, et il fallait, ponr l'obtenir, régler un des courants en interposant dans le circuit une longueur suffisante de fil métallique. Nous ne décrirons pas, pour le moment, le chronoscope auquel cette disposition fut adoptée ; sa spécialité le relègne vers la fin de notre travail; mais nous allons indiquer les inconvénients que nous avons reconnus à l'emploi des courants en équilibre.

Remarquons d'abord qu'il ne peut y avoir compensation entre les temps respectivement nécessaires pour obtenir l'aimantation suffisante et la désaimantation suffisante de l'électro-aimant; le premier effet, dû à l'action du courant voltaïque, est toujours produit plus rapidement que le second, qui n'est dû qu'à la réaction propre au fer doux. Nous savons aussi que ces temps varient avec l'intensité des courants. Ces causes d'irrégularité dans la marche de l'appareil à courants en équilibre ne permettaient pas d'opérer avec la moindre approximation.

En rendant les temps nécessaires pour obtenir l'aimantation et la désaimantation suffisantes, aussi petits que possible, on réduit l'erreur due au défaut

de compensation de ces deux temps. Cet effet que M. Wheatstone obtenait par la modification qu'il avait apportée dans la disposition de son premier chronoscope électro-magnétique, n'était évidemment pas réalisable au moyen des courants en équilibre établis comme nous venons de le décrire. Nous avons modifié notre disposition pour obtenir que l'aimantation suffisante fût déterminée par un courant énergique, tandis qu'un courant faible, relativement au premier, maintenait seul le contact au moment de la seconde disjonction opérée par le projectile. Voici la combinaison de courants par laquelle nous sommes parvenu à ce résultat : Trois courants agissaient simultanément sur l'aimant temporaire ; un de ces trois courants était très-faible comparativement aux deux autres qui devaient ne pas être d'égales forces entre eux. Les deux courants les plus faibles passaient dans un des fils de l'électro-aimant ; le courant le plus fort circulait dans l'autre fil, mais en sens inverse des premiers. On établissait l'équilibre entre les actions de ces courants. Le projectile faisait successivement trois disjonctions dans les circuits des courants : la première déterminait l'attraction du contact en supprimant le courant le plus énergique ; la seconde détruisait l'action du courant intermédiaire en intensité, et le contact qui n'était dès lors plus maintenu que par l'action du courant le plus faible, se détachait de l'aimant temporaire aussitôt après la troisième disjonction.

Cette combinaison qui, considérée théoriquement, paraissait devoir être avantageuse, ne répondit cependant pas à notre attente. Nous sommes obligé d'avouer que la conception d'une disposition qui nous paraissait plus heureuse, nous empêcha de mettre beaucoup de persévérance dans nos essais sur les courants en équilibre, et comme nous avions reconnu que le règlement des courants est une opération minutieuse qui demande souvent de longs tâtonnements et doit, par conséquent, être exclue des appareils destinés aux expériences de polygone, il nous parut inutile de pousser plus loin nos essais dans cette voie d'investigation.

On pourrait nous reprocher d'avoir employé plusieurs piles pour la production des courants en équilibre. Il paraît plus simple de ne faire usage que d'une seule source d'électricité d'où partiraient quatre fils métalliques, deux de chaque pôle, qui aboutiraient respectivement aux quatre extrémités des fils de la bobine en section double. Les lois des courants dérivés nous apprennent que le courant produit par la pile se diviserait en deux parties, dont les intensités seraient en raison inverse des résistances opposées par les circuits et qui pourraient être réglées par l'introduction, dans l'un des circuits, de résistances variables à volonté. Il est bien entendu que les deux parties du courant seraient introduites dans la bobine en section double, de manière à produire des actions opposées sur l'électro-aimant.

L'emploi d'une seule pile présenterait en effet cet avantage, qu'une fois l'équilibre établi, les variations dans la marche de l'appareil électro-moteur n'auraient pas d'influence sur l'état d'équilibre. Mais les causes d'inexactitude dans les résultats accusés par le chronoscope auquel le système de courants en équilibre, produits au moyen d'une seule pile, aurait été appliqué, seraient au reste les mêmes que celles indiquées en parlant de l'emploi de deux piles.

(*La suite à un prochain numéro.*)

THÉORIE CHIMIQUE

DE LA

COMPOSITION DES POUDRES A FEU.

(*Journal de Turin* du 18 septembre 1852, n° 44).



Tel est le titre d'un ouvrage que le lieutenant-général d'artillerie en retraite, baron Charles Sobrero, adresse à ses anciens compagnons d'armes et à leur auguste chef.

On doit s'étonner que dans le cours de trente ans de paix, marqué par le progrès des connaissances humaines, à la suite des guerres qui avaient signalé la fin du siècle dernier et le commencement du XIXe, lorsque toutes les puissances ont cherché à perfectionner leur matériel de guerre, dont la poudre est le principal agent, les Français et les Piémontais en aient en quelque sorte respecté la composition

primitive. L'Angleterre, la Russie, la Prusse, la Suède et tant d'autres nations guerrières, auraient-elles agi aveuglément, en n'en adoptant point les premières propositions, ou bien ce qui est bon dans un pays, serait-il mauvais dans un autre ?

Il est de fait que la théorie de la composition des poudres est restée en arrière, et que si l'on s'en était occupé, on aurait de meilleures poudres, et il n'y aurait peut-être pas à déplorer tant d'accidents, de malheurs et de désastres.

M. Sobrero vient faire part à ceux qui se sont voués ou qui se vouent à la noble carrière des armes, du résultat de ses études et de ses observations pendant ses longues années de service, et il commence par les poudres à feu.

Son traité se divise en trois parties :

La première rappelle la composition et les propriétés des corps qui entrent dans la fabrication des poudres, ou en sont produits, et détermine la valeur intrinsèque des premières.

La deuxième discute les effets de l'influence que peuvent exercer les ingrédients employés dans certaines proportions. L'étude des produits solides et gazeux auxquels donnent lieu les poudres les plus accréditées, puis les poudres piémontaises et françaises, y est spécialement développée ; explication y est donnée, en ce qui concerne les poudres de mine, du phénomène trop souvent funeste aux canonniers, par l'effet de l'inflammation spontanée

des charges dans les pièces. Des moyens sont proposés pour y remédier.

Enfin, la troisième partie est consacrée aux modifications qu'il serait utile d'adopter dans la composition de nos poudres. Et d'abord, au lieu de les diviser en poudres de chasse, de guerre, de mine, ne vaudrait-il pas mieux substituer à cette dénomination celle de poudres à canon, poudres à fusil, poudres de mines ?

Nous ne doutons point que cet ouvrage, fait avec toute la conscience d'un vieil et honorable officier d'artillerie, ne soit bien accueilli par le Gouvernement, qui saura le mettre à profit. Nous l'analyserons.

Analyse de la première partie de la théorie chimique des poudres à feu du lieutenant-général d'artillerie en retraite, baron Sobrero.

(*Journal de Turin*, 22 septembre 1852, n° 45).

Dans la première section de cette partie de son mémoire, l'auteur indique les formules, les équivalents, les propriétés principales, et la composition chimique du petit nombre de corps qui sont intro-

duits dans la composition des poudres, ou en sont produits. Au premier abord, on pourrait croire que les connaissances auxquelles il s'arrête dans cette partie de son travail, sont inutiles à ceux de ses lecteurs qui sont versés dans la chimie, et insuffisantes à ceux qui ne le sont pas. Tel n'est pas notre avis. Nous pensons que pour la première, il fallait au moins indiquer les poids des équivalents chimiques adoptés par l'auteur dans son ouvrage, parce que les chimistes ne sont pas parfaitement d'accord sur les chiffres qui les représentent, et sans la connaissance desdits équivalents on n'aurait pas pu répéter ses calculs sur les poudres étudiées, et avoir des résultats comparables sur toute autre poudre. Pour les seconds, nous sommes convaincus que, à défaut d'autres connaissances chimiques de la part des lecteurs, le peu de données présentées par l'auteur, d'une manière aussi claire que précise, est suffisant pour qu'ils puissent répéter ses calculs et interpréter les résultats de toute autre poudre que celles qu'il a étudiées dans son traité. De sorte que, même pour ceux-ci, le but de l'avenir doit être rempli : celui d'épargner à l'auteur toute expérience inutile sur de nouvelles poudres, et n'entreprendre que celles qui doivent amener des résultats utiles.

Quant au contenu de la deuxième section, c'est-à dire l'appréciation de la valeur réelle des aliments constitutifs des poudres, nous ne pouvons nous dissimuler que les recherches d'*Ebelmet*, citées par le

général Sobrero, si elles sont tout à fait concluantes sur un charbon déterminé, ne nous éclairent pas assez sur tous les différents charbons qu'on emploie dans les poudrières, ainsi qu'il l'observe lui-même. Mais malheureusement, cette lacune est loin d'être comblée, même par l'auteur, qui paraît s'en être occupé dernièrement avec le plus de succès (Violette dans le Technologiste), puisqu'il se contente d'indiquer, pour le moment, le rendement en charbon et en carbone des bois distillés à différentes températures dans la vapeur d'eau surchauffée à différents degrés. Il y a loin de là à l'analyse qui serait nécessaire pour fixer décidément le dosage de la poudre ; mais, ce qu'en rapporte le général dans le mémoire que nous avons sous les yeux, peut être considéré, en tous cas, comme une approximation satisfaisante, et propre à servir de base à ses calculs sur les poudres.

Analyse de la deuxième partie du mémoire susdit.

(*Jonrnal de Turiu*, 25 septembre 1852, n° 46).

La deuxième partie du mémoire que nous avons entrepris d'analyser se divise en cinq sections. Dans

la première, l'auteur expose le rôle que doivent jouer dans la combustion de la poudre, le carbone. le soufre, l'oxygène et le potassium, pour qu'aucune partie ne soit inerte, que la combustion soit prompte et complète et la température la plus haute possible, conditions indispensables, si l'on veut qu'une poudre possède le maximum de force dynamique.

Cela posé, il donne la composition de la poudre, qu'il appelle *normale* ou *rationnelle*. Il indique le volume de gaz qne fournirait une telle poudre, rapporté à la température 0°, et à la pression de 0m,76. et il signale une erreur commise, selon lui, par quelques auteurs dans l'appréciation de la température que produit la combustion de la poudre. et par suite de sa force dynamique, en prenant pour indication de cette température la fusion des alliages cuivre et étain, ou cuivre et zinc, introduits en contact de la poudre, et non la fusion du cuivre pur.

Il observe enfin que la poudre normale ou rationnelle, quand bien même elle serait possible et pratique, ne donnerait jamais les résultats indiqués par la théorie, mais le pulvériste peut et doit chercher à s'en rapprocher.

Dans la deuxième section, l'auteur met en évidence l'influenee qu'apporte dans le dosage des poudres l'excès ou le manque d'un des éléments, soufre ou charbon, ou de tous les deux, sur une quantité constante de nitre; et pour y parvenir, il examine

le mode de combustion de chacune de ses poudres *hypothétiques*, ainsi que la quantité et la qualité des produits solides ou gazeux qui doivent en résulter. Il rapproche les résultats et il en déduit 1° que le défaut de soufre doit entraîner, dans les produits solides, du carbonate de potasse; 2° le défaut de carbone, du sulfate de potasse; 3° le défaut de tous deux, du carbonate et du sulfate de potasse; c'est ce qui arrive précisément dans les poudres qu'on voudrait les meilleures, telles que les poudres de chasse; 4° que l'excès de carbone augmente le volume du gaz produit, mais qu'on ne peut pas y compter dans les poudres qu'on veut très-promptes, parce que l'oxyde de carbone ne se produit que par la réaction de l'acide carbonique sur l'excès du carbone; 5° enfin, que l'excès de soufre refroidit, retarde et rend incomplète la combustion de la poudre, et ne peut être compensé, en partie, que par un excès de carbone, qui tend à augmenter le volume primitif du gaz. Mais, en tous cas, ces sortes de poudres ne peuvent servir que comme poudres de mine.

Dans la troisième section, l'auteur étudie les poudres anglaises, qui sont déjà introduites en Russie et en Autriche, les poudres suédoises, suisses, prussiennes, chinoises, et il fait remarquer que les deux premières seraient à préférer pour le volume gazeux qu'elles fournissent et pour la nature des produits solides, mais que le plus grand volume gazeux exi-

gerait pour se développer, ou un charbon très-facilement combustible, ou une très-haute température et une certaine lenteur de combustion ; circonstance dont l'auteur se propose de tirer parti plus tard.

Dans cette section et dans les suivantes, comme il s'agit des poudres effectives, dans lesquelles c'est le charbon qu'on emploie et non le carbone, l'auteur a dû ne compter pour carbone que ce qui y existe réellement ou y est représenté par l'hydrogène libre. Il aurait dû par conséquent admettre un déchet de 14 p. 0/0, d'après le contenu de la première partie de son mémoire; mais il ne l'a compté que pour le 1/10, en considération des soins apportés dans les fabriques de poudres dans le choix et la préparation du bois destiné à la carbonisation, et de ceux qu'on prend pour que le charbon préparé reste le moins de temps possible en contact avec l'humidité de l'atmosphère avant d'être introduits dans la fabrication.

La quatrième section est réservée à l'examen des poudres de guerre et de chasse piémontaises et françaises ; et d'abord, commençant par les poudres de guerre, qui sont communes aux deux nations, le général Sobrero signale leur grand défaut, celui de donner sur 100 parties de poudre plus de 15 parties de sulfate de potasse, produit d'autant plus nuisible, qu'il est fixe, et très-peu soluble dans l'eau froide, que par suite, il encrasse fortement les armes, et est difficile à enlever; il faut remarquer

qu'il suffirait de porter à l'effectif les 12,50 de charbon, qui se réduisent seulement à 11,25 actuellement; c'est-à-dire d'y mettre 13,90 de charbon, au lieu de 12,50, pour augmenter de 1 lit. 44 le produit gazeux sur 100 gr. de poudre, et réduire à 6,17 le sulfate de potasse, qui monte maintenant à 15,44.

Passant ensuite à la poudre de chasse dont on se sert en Piémont, et laquelle, d'après son dosage, ne doit donner au plus que 30 lit. 08 de gaz sur 100 gr. de poudre, et 17,70 de produits solides fixes, il examine quels effets produiraient les additions successives de soufre ou de charbon, ou de tous les deux, et il trouve que par l'addition de 1 de carbone et 2 de soufre, cette poudre gagnerait 2 lit. 28 de gaz, tandis que les produits solides fixes se réduiraient à 5,04 de carbonate de potasse; observant toutefois que dans le volume gazeux de cette poudre supposée ainsi modifiée, figurent encore 0 lit. 43 d'oxyde de carbone, sur lequel on ne peut pas compter dans une poudre de chasse; il cherche, laissant le nitre et le soufre tels qu'ils sont; savoir: 77 du premier et 11 du deuxième, combien de carbone devrait s'y trouver pour faire disparaître l'oxyde de carbone, sans introduire le sulfate de potasse; et il trouve que le carbone devrait y entrer pour 13,51, équivalents à 15,01 de charbon.

L'auteur passe enfin aux poudres de chasse françaises, qui ne doivent donner, d'après ses calculs, que

27 lit. 43 de gaz, et 29,68 de produits fixes, dont les 2/3 de sulfate de potasse, et seraient, par conséquent, les moins bonnes sous les deux titres, de produits gazeux et produits solides.

Dans la cinquième et dernière section de cette partie de son mémoire, le général Sobrero étudie les poudres de mine piémontaises et françaises; et, s'occupant d'abord de celles de la nation, il signale deux modes différents de combustion de ces poudres, selon les circonstances dans lesquelles la combustion a lieu : 1° En capacités closes, telles que les mines, les projectiles creux, etc. 2° En capacités ouvertes, telles que les armes sans projectiles dessus, ainsi qu'il arrivait en Piémont, où cette poudre grainée, comme celle de guerre, était employée dans les exercices en blanc.

Dans le premier cas, il admet que le *carbone* puisse se réduire, en tout ou en partie, en oxyde de carbone, et le soufre se combiner en totalité avec le potassium pour former des sulfure set même des polysulfures. Mais, dans les capacités ouvertes, telles que les armes sans projectiles, s'appuyant parfois sur la théorie, parfois sur les expériences qu'on a eu lieu de faire en Piémont à l'occasion de l'introduction des fusils à percussion et des obusiers sans chambre, l'auteur conclut que la combustion de la poudre de mine doit y produire beaucoup de sulfate, de carbonate et même de nitre de potasse, peu de sulfure de potassium et peu d'oxyde de carbone,

et qu'il doit en résulter beaucoup de charbon non brûlé, matières qui constituent un véritable pyrophore, lequel peut prendre feu et le communiquer aux charges de poudre : et c'est à ce pyrophore formé avec la poudre de mine ou toute autre poudre brûlant, par quelque raison que ce soit, très-incomplétement, qu'il attribue le phénomène de l'inflammation spontanée des charges.

L'auteur cite encore d'autres circonstances, d'autres faits à l'appui de son opinion, et il conclut que, pour éloigner tout danger d'inflammation spontanée des charges de poudre, qui est toujours funeste quand elle arrive, il n'y a d'autre moyen que d'employer, dans les exercices en blanc, aussi peu de poudre qu'on voudra, pour motif d'économie, mais telle cependant que sa combustion soit le moins que possible incomplète, et qu'il s'y forme, par conséquent, le moins que possible de carbonate et de sulfate de potasse : heureusement cet inconvénient n'est pas à craindre quand le projectile est sur la poudre, comme à la guerre, même avec des poudres avariées.

Passant à la combustion des poudres en usage en Piémont et en France dans les mines et carrières, le général observe qu'elles ne peuvent fournir tout au plus que 32 litres de gaz environ sur 100 grammes de poudre, en supposant que tout le carbone se réduise en oxyde de carbone ; résultat très-peu satisfaisant, surtout si l'on observe qu'il est impossible

que la supposition se vérifie, savoir que l'acide carbonique qui doit se former d'abord se transforme tout en oxyde. Il en résulte que ces poudres sont à corriger, et il indique les bases dont on devrait partir pour un bon dosage de poudres de mine. Si l'on n'avait pas à craindre pour la conservation de ces poudres pour lesquelles on prend moins de précautions, le dosage le plus rationnel serait celui d'un équivalent de nitre, 6 de carbone et 1 ou 2 équivalents de soufre; mais, ne voulant pas négliger l'article *Conservation*, l'auteur proposerait de s'arrêter à 1 équivalent de nitre, 4 de carbone et 2 de soufre, qui fourniraient 2 équivalents d'acide carbonique, 2 d'oxyde de carbone, 1 d'azote et 1 de bisulfate de potassium. Cette poudre serait de très-facile conservation et donnerait sur 100 grammes plus de 36 litres de gaz.

(*La suite au prochain numéro.*)

Paris.—Typ. de H. V. de Surcy et Ce, rue de Sèvres, 37.

JOURNAL
DES
ARMES SPÉCIALES.

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ
A LA MESURE DE LA
VITESSE DES PROJECTILES

Par NAVEZ,
Capitaine commandant à l'État-major de l'artillerie Belge. (Suite).



X.

D'autres dispositions de chronoscopes électro-magnétiques sont dues à la féconde imagination de M. Wheatstone; mais comme elles s'écartent du genre d'appareils électro-balistiques, dont nous nous occupons en ce moment, nous en remettrons la discussion à une autre partie de cette étude.

L'artillerie prussienne s'est occupée, depuis 1843, de la recherche des moyens propres à appliquer l'électricité à la mesure de la vitesse des projectiles. Cette question a été spécialement traitée en Prusse par MM. les majors Hartmann et Hoffmann et feu M. Léonhard qui était un habile horloger de Berlin. Citer ces noms, c'est dire que tout ce que la science possède de moyens théoriques et pratiques se trouvait réuni pour concourir à la solution de l'important problème dont il s'agit.

Le principal appareil électro-balistique qui ait été construit et essayé à Berlin, consistait en un chronomètre dont l'aiguille, extrêmement légère, était mise en mouvement et arrêtée ensuite par les chutes successives de deux ancres, chutes qui dépendaient elles-mêmes de celles des contacts de deux électro-aimants. Le projectile opérait successivement des disjonctions dans les courants qui activaient les aimants temporaires, et ces disjonctions déterminaient le jeu des contacts. L'aiguille du chronomètre faisait le tour du cadran en deux secondes et le cadran était divisé en mille parties.

Les expériences qui furent exécutées, au moyen de cet appareil électro-balistique, prouvèrent que les temps nécessaires pour dégager et pour arrêter l'aiguille ne se compensaient pas, et que d'ailleurs leur différence était variable. Nous savons qu'*il devait* en être ainsi. M. le colonel Teichert, vice-président du comité d'artillerie à Berlin, nous a dit que les variations accidentelles des indications du chronoscope atteignaient quelquefois 15 divisions du cadran, lorsqu'il s'agissait de mesurer des temps qui devaient correspondre à environ 45 divisions. Ces variations accidentelles ne nous étonnent pas parce que nous en avons remarqué d'aussi fortes pendant le cours de nos essais.

Afin de combattre les effets perturbateurs qu'ils attribuaient à la persistance du magnétisme du fer des électro-aimants après que le courant a été ouvert,

les expérimentateurs de Berlin imaginèrent de faire agir sur chaque aimant temporaire un second courant plus faible que le courant principal et dont l'action était opposée à celui-ci.

Nous ne connaissons pas, avec détails, les expériences entreprises en Prusse sur ce procédé que nous allons examiner d'après les essais auxquels nous l'avons soumis depuis longtemps. L'idée de neutraliser les effets perturbateurs de la persistance du magnétisme par l'action d'un courant tendant à détruire ce magnétisme, est si naturelle, qu'il n'est pas étonnant qu'elle ait été conçue en même temps par différents inventeurs.

Supposons deux courants circulant en sens inverse l'un de l'autre dans la bobine en section double d'un électro-aimant, disposition dont il a déjà été question lorsque nous avons parlé des courants en équilibre. L'un de ces courants est beaucoup plus intense que l'autre, et l'aimant temporaire se trouve, par conséquent, activé par la différence des actions des deux courants. Si on opère une disjonction dans le courant le plus intense, le courant le plus faible produira son effet d'aimantation, et les pôles de l'aimant temporaire seront renversés. Or, il est évident que le renversement des pôles de l'électro-aimant ne peut avoir lieu sans que celui-ci ne passe par l'état de neutralité parfaite, et que la désaimantation suffisante sera obtenue bien plus rapidement lorsque l'action d'un courant favorisera la réaction propre

au fer doux, que quand celle-ci sera abandonnée à elle-même. Nous avons donné le nom de *courant commutateur* au courant qui sert à renverser les pôles d'un électro-aimant : nous conserverons cette dénomination.

La disposition que nous venons de décrire, pour faire comprendre ce que nous entendons par *courant commutateur*, a besoin d'un certain rapport entre les éléments qui la constituent, pour fournir des résultats avantageux. En effet, lorsqu'une disjonction sera opérée dans le courant principal, il y aura production de quatre courants d'induction ; les deux premiers dus à l'action inductrice du courant principal sur le fil même qui le conduit et sur le fil qui donne passage au courant commutateur, et les deux autres provenant de l'effet de la désaimantation de l'électro-aimant sur les deux fils de la bobine. Il est probable que le développement de ces deux derniers courants d'induction commence avant que la désaimantation suffisante ne soit obtenue et que, par conséquent, les quatre courants contrarient l'action du courant commutateur. D'après ces considérations on pourrait penser qu'il convient de faire usage d'un courant commutateur aussi intense que possible en conservant au courant principal la supériorité d'action nécessaire; mais il n'en est pas ainsi: quand l'intensité du courant commutateur dépasse une certaine limite, il arrive que l'aimant temporaire agit encore sur son contact après que le

renversement des pôles a eu lieu, et cette action peut être assez considérable pour empêcher le jeu du contact, lorsque cette pièce n'a pas eu le temps de s'éloigner assez de l'aimant temporaire depuis l'instant où la désaimantation suffisante a été obtenue. Quand cet effet se produit, le mouvement du contact échappe ordinairement à la vue, mais le bruit du choc contre l'électro-aimant fait connaître qu'il y a eu séparation. Ainsi donc, nous venons de fixer une première limite que l'intensité du courant commutateur ne devra pas atteindre, c'est celle qui empêche le jeu du contact. Nous allons faire voir qu'il est nécessaire que l'intensité du courant commutateur reste bien en deçà de cette limite.

A l'instant de la désaimantation suffisante de l'électro-aimant, le contact se trouve aimanté par influence, cette aimantation pourra subsister pendant assez de temps pour que l'électro-aimant, dont les pôles auront été renversés par le courant commutateur, agisse par répulsion sur le contact, puisque, dans ce cas, il y aura en présence deux aimants dont les pôles de même nom seront en regard. Si le contact n'est pas assez rapidement soustrait à l'influence de l'électro-aimant, ses pôles seront aussi renversés et alors à la répulsion succédera l'attraction. Quand cette attraction ne sera pas assez puissante pour fixer le contact, l'appareil auquel appartiendra l'électro-aimant, fonctionnera. Mais ces effets successifs d'attraction, de répulsion et encore d'attraction, pour-

ront avoir une influence fâcheuse sur l'exactitude des résultats accusés. Un courant commutateur trop faible pour fixer le contact peut encore être assez énergique pour produire les effets perturbateurs que nous venons d'indiquer. En diminuant encore son intensité nous diminuerons en même temps les effets perturbateurs, mais aussi l'effet utile du courant, pour amener rapidement la désaimantation suffisante, sera moins sensible.

L'expérience seule pouvait indiquer l'intensité la plus convenable des courants commutateurs. Dans nos essais sur ces courants, nous avons obtenu les résultats les plus réguliers quand leur intensité dépassait très-peu celle nécessaire pour neutraliser le magnétisme conservé par l'électro-aimant en vertu de la force coercitive du fer dont il était confectionné, aussitôt après que le courant principal avait cessé d'agir.

Il est bon de confectionner les bobines, destinées à l'emploi des courants commutateurs, de telle sorte que le fil, dans lequel doit circuler le courant principal, soit très-long comparativement à l'autre ; on diminue, par cette disposition, les effets d'induction nuisibles.

Les courants commutateurs pourront être appliqués, avec quelque avantage, à beaucoup d'appareils électro-balistiques dont ils régulariseront plus ou moins la marche quand on les réglera convenablement ; dans le cas contraire ils seront une nouvelle cause de perturbation.

Voici comment il faut s'y prendre pour régler un courant commutateur : On fait d'abord agir seul, pendant quelques instants, le courant principal, puis on présente à l'électro-aimant un morceau de fil de fer très-léger et bien recuit, qui est vivement attiré. Ensuite on ouvre le circuit du courant principal et l'on forme celui du courant commutateur, dans lequel un fil de platine très-fin a été introduit. L'intensité du courant commutateur doit alors être trop faible pour produire la chute du morceau de fil de fer resté attaché à l'électro-aimant, par suite du magnétisme conservé après que le courant principal a cessé d'agir. Enfin on fait glisser une des extrémités du fil conduisant le courant commutateur sur le fil de platine qui est uni bout à bout à son autre extrémité, de manière à raccourcir la portion de ce fil introduite dans le circuit, et on augmente ainsi l'intensité du courant commutateur jusqu'à ce que le petit morceau de fer se détache de l'électro-aimant et tombe. L'intensité du courant commutateur est alors à peu près convenable, et il suffit de l'augmenter encore un peu pour être assuré d'avoir obtenu la commutation des pôles, sans que l'électro-aimant ait acquis trop de magnétisme.

Il arrive quelquefois que le morceau de fil de fer très-léger n'abandonne pas l'aimant temporaire, mais alors on le voit faire un petit mouvement lorsque le courant commutateur renverse les pôles.

On peut aussi régler le courant commutateur en

présentant à l'électro-aimant aussitôt après que le courant principal a cessé d'agir, une aiguille de boussole dont un des pôles sera attiré en vertu du magnétisme conservé. On fera alors agir le courant commutateur dont on augmentera l'intensité de la manière indiquée plus haut, jusqu'à ce que la pointe de l'aiguille aimantée qui avait été attirée, soit repoussée.

L'emploi du rhéostat faciliterait le règlement des courants commutateurs. Le rhéomètre est aussi fort utile, si pas indispensable, pour fournir les indications nécessaires au maintien de l'intensité déterminée.

Le procédé du courant commutateur tel que nous venons de l'exposer constitue un correctif des perturbations qu'apporte, dans la marche des appareils électro-balistiques, la persistance du magnétisme après que le fer a été soumis à l'action du fluide électrique, mais ce correctif, d'ailleurs insuffisant, apporte une si grande complication dans les opérations que nous le considérons comme inadmissible dans la pratique. C'est pourquoi nous nous dispenserons de décrire d'autres dispositions de courants commutateurs que nous avons essayées. Nous signalerons seulement, comme assez avantageuse la disposition qui consiste à obtenir des actions contraires de chacun des deux courants, non par le sens de leur circulation, mais par celui de l'enroulement des fils qui est différent pour chaque courant. Il est facile de voir qu'avec une bobine construite d'après ce sys-

tème, les courants d'induction nuisibles se neutralisent en partie les uns par les autres.

XI.

M. Bréguet, si habile dans la fabrication des instruments destinés à mesurer le temps, construit de petits appareils connus sous le nom de compteurs à pointage et qui sont fort utiles quand il s'agit d'apprécier des temps assez courts sans beaucoup de précision. Le compteur à pointage est une espèce de montre munie d'un bouton sur lequel il suffit d'appuyer pour que l'aiguille, dont l'extrémité est imprégnée d'encre grasse, marque un point sur le cadran sans que son mouvement soit ralenti pendant cette opération. Les points marqués ainsi successivement par l'aiguille indiquent, d'après leur espacement, les intervalles de temps compris entre les instants où le bouton a été pressé.

Pour régler, au moyen de ce compteur à pointage, le mouvement d'un chronographe électro-balistique dont nous parlerons bientôt, M. Bréguet imagina de faire attaquer le bouton par un levier qui agissait chaque fois qu'il subissait l'attraction d'un électro-aimant disposé à cet effet. Le circuit du courant qui activait l'aimant temporaire, était complété périodiquement par une disposition dont le jeu dépendait du mouvement du chronographe.

Le compteur électro-magnétique a été construit par M. Bréguet en 1843. (Voir les comptes rendus de l'Académie des sciences, — 20 janvier 1845.) Plus tard M. le capitaine Martin de Brettes, de l'artillerie française, proposa d'employer directement le compteur électro-magnétique aux expériences de balistique (Voir le *Journal des Armes spéciales*, année 1849). Voici la disposition qu'il indique : Un électro-aimant actif retient un marteau sur lequel agissent, en sens contraire, deux ressorts. Quand le projectile coupe le circuit du courant qui active cet électro-aimant, le marteau cédant à la puissance d'un des ressorts, frappe vivement le bouton du compteur, puis est relevé par la réaction du second ressort. Plusieurs compteurs seraient réglés de manière à marcher parfaitement d'accord, et chaque disjonction produite par le projectile, en passant à travers pes cadres-cibles, donnerait lieu à un pointage sur le cadran du compteur correspondant. Il suffirait de comparer les positions des points sur les cadrans pour obtenir les temps employés par le projectile pour franchir les espaces compris entre les cadres-cibles.

M. Martin de Brettes craint que dans certains cas où le circuit voltaïque devra avoir un grand développement, on éprouve quelque difficulté à rendre les électro-aimants suffisamment énergiques, et il indique, pour parer à cet inconvénient éventuel, une disposition analogue à celle connue en télégraphie électrique sous le nom de *relais*. Voici comment il

s'exprime à ce sujet dans le mémoire sur un projet de chronographie électro-magnétique qu'il a publié en 1849 : « Lorsque le circuit voltaïque a un grand « développement nécessité par la distance à laquelle « on place la cible que doit traverser le projectile, « l'intensité du courant qui décroît en raison de la « distance à la source d'électricité, pourrait être trop « faible pour aimanter convenablement l'électro- « aimant destiné à agir sur le marteau, dont le choc « doit être brusque et bien décidé, pour que le poin- « tage du compteur soit exact. On pourrait, il est « vrai, déterminer par l'expérience le nombre d'élé- « ments de la pile nécessaire pour donner à un élec- « tro-aimant la même intensité, quelle que soit la « longueur du circuit, mais on peut y arriver plus « simplement par une ingénieuse disposition, due « à l'obligeance de M. Bréguet, que nous allons indi- « quer. Elle consiste à faire agir sur l'électro-aimant « de chaque marteau un courant produit par une « pile spéciale dont le circuit s'établit au moment où « celui de la cible correspondante qui peut être très- « faible sans inconvénient, est interrompu par le « projectile.

« Cette propriété permet aussi l'emploi du comp- « teur pour toutes les longueurs de circuit des cibles, « sans s'inquiéter des variations de l'intensité des « courants ; car le courant des cibles sera toujours « assez intense pour aimanter un électro-aimant de « manière qu'il attire un levier très-léger dont nous

« verrons l'emploi plus bas. » Ce levier, par suite de la disjonction que produit le projectile, est mis en mouvement et complète le circuit de la pile du relais en faisant plonger les deux extrémités d'un arc métallique dans deux godets remplis de mercure, auxquels aboutissent les fils du court circuit. Aussitôt que le court circuit se trouve ainsi fermé, il active un électro-aimant qui détermine le mouvement du marteau en agissant par attraction.

M. Martin de Brettes admet que les compteurs dont il propose l'emploi « permettent d'apprécier 1/10 de seconde. »

Nous n'entreprendrons pas en détail la critique des dispositions que nous venons d'exposer ; si le lecteur a suivi avec quelque attention les discussions que nous avons établies pour d'autres appareils, il doit comprendre que le système électro-magnétique proposé par M. Martin de Brettes pour être adapté au compteur à pointage, ne fonctionnerait pas régulièrement. Remarquons que l'emploi des relais augmenterait considérablement les chances d'inexactitude des résultats accusés par le compteur électro-magnétique.

Nous ferons aussi observer qu'un compteur dont les divisions les plus petites indiquent le 1/10 de seconde, ne peut être d'aucune utilité dans la plupart des expériences de balistique ; en effet, en supposant parfaite la marche du système électro-magnétique, le temps le plus court à la mesure duquel on pourra procéder au moyen de ce compteur, ne sera pas celui

qui correspondrait à une des divisions de l'instrument, mais bien *celui sur l'appréciation duquel on pourra tolérer une erreur de* 1/10 *de seconde*. Or, dans le tir des canons, le boulet franchit pendant le premier 1/10 de seconde un espace de 45 à 50 mètres; il ne peut donc être question de tolérer des erreurs de temps aussi considérables dans les expériences sur le tir des canons.

Le compteur de M. Bréguet rend des services dans les polygones pour les observations du jet des bombes et des obus et même pour celles du tir à ricochet, quand on n'a pas besoin d'évaluer le temps avec beaucoup d'exactitude. Nous avons la conviction qu'un observateur attentif et exercé au maniement du compteur, en manœuvrant cet instrument à la main, commettrait des erreurs moins grandes que celles qui résulteraient de l'action du système électro-magnétique tel qu'il vient d'être décrit.

M. Bréguet, à qui nous avons fait demander un compteur à pointage donnant le 1/10 de seconde, nous a fourni un instrument dont le cadran n'est divisé qu'en soixante parties correspondant chacune à une seconde; on peut, dit la notice écrite jointe au compteur, obtenir le 1/10 de seconde par estime. En recevant ce compteur, nous avons trouvé d'abord que la division du cadran aurait dû être en concordance avec la vitesse de l'échappement, mais l'usage nous a appris depuis que l'exactitude avec laquelle on peut relever la trace du pointage est suffisante,

mité était attachée au mobile. La forme de la courbe, tracée par le pinceau, permettait de connaître la vitesse de la poulie et par conséquent celle du mobile à chaque instant du mouvement. (Voir le *Mémorial de l'Artillerie française*, n° 5.)

Cette disposition devrait être modifiée si on voulait l'appliquer à la mesure des grandes vitesses, telles que celles des projectiles lancés par les bouches à feu. Le mobile ne pourrait plus, dans ce cas, être mis en relation, d'une manière continue, avec le style ou pinceau; mais pour obtenir des indications successives sur le plateau, on pourrait établir, en regard et très-près de la surface tournante, plusieurs styles qui seraient retenus par des cordons passant sur des poulies de renvoi et destinés à être coupés les uns après les autres par le projectile; la section de chaque cordon déterminerait la chute d'un style et par suite un point sur le plateau. Tel est à peu près le procédé indiqué par M. Martin de Brettes, dans le *Journal des Armes spéciales* (année 1849).

Un semblable appareil ne présenterait aucune chance de succès dans la pratique : chaque fois que l'on a essayé d'établir une relation entre le projectile et un appareil chronographique au moyen de cordons, on a échoué; nous avons dit pourquoi, en parlant de l'application de l'électro-magnétisme à l'appareil de M. de Booz. Mais dès que la télégraphie électrique eut fait voir la possibilité de transmettre le mouvement à de grandes distances, tout en

laissant en repos la communication matérielle nécessaire à la transmission, la construction d'un chronographe, destiné à enregistrer avec exactitude les circonstances du mouvement des projectiles, dut paraître facile.

XIV.

Le télégraphe américain de M. Morse doit être considéré comme le premier chronographe électro-magnétique qui ait été construit. Voici en quoi consiste ce télégraphe. Un électro-aimant agit, quand il est actif, sur un levier portant un style et de manière que, pendant l'attraction, ce style appuie contre une bande de papier à laquelle on imprime un mouvement de translation uniforme. Tant que l'aimant temporaire reste actif, le style trace un trait sur la surface du papier, mais aussitôt qu'une disjonction est opérée dans le circuit du courant, le levier cède à la réaction d'un ressort et le style cesse d'appuyer contre le papier. La longueur du trait dépend donc du temps pendant lequel l'électro-aimant reste actif et peut être réglée d'un endroit quelconque du circuit voltaïque. On peut ainsi, de la station d'où l'on envoie la dépêche, faire tracer sur la bande de papier du télégraphe, qui se trouve à la station où la dépêche doit parvenir, une suite de traits de longueurs différentes, qui seront les signes conventionnels de l'écriture télégraphique.

On voit que dans le télégraphe américain le temps se traduit en longueurs de lignes; cet appareil est donc un véritable chronographe. Pour l'employer à la mesure de la vitesse des projectiles, il faudrait en modifier un peu la disposition. Supposons que plusieurs styles soient retenus en contact, avec la bande de papier, par des aimants temporaires; chaque style tracera une ligne continue. Si un projectile, en passant à travers des cadres-cibles, coupe successivement les circuits des courants qui activent les électro-aimants, les styles cesseront, aussi successivement, d'être en contact avec le papier, et les différences de longueurs des lignes, tracées sur la surface de la bande, indiqueront les temps écoulés entre les instants des disjonctions opérées par le projectile. Pour mesurer des temps très-petits il serait nécessaire d'imprimer à la bande de papier une vitesse très-grande.

Le télégraphe de M. Morse fut employé comme chronographe lorsque l'on essaya, en Amérique, sur la proposition de M. Bache, de déterminer les différences de longitudes au moyen de l'électricité. Il s'agissait de comparer les heures exactes de deux stations mises en relation par le télégraphe. En procédant à cette opération on s'aperçut que l'on ne pouvait pas considérer la transmission d'un signal comme instantanée, et des expériences furent entreprises, par M. Walker d'abord, puis par M. Mitchel, pour déterminer le temps nécessaire à cette transmission.

M. Walker admit que le retard qu'éprouve la

transmission d'un signal est dû seulement au temps employé par le fluide électrique, pour se propager d'une station à l'autre, et les expériences qu'il entreprit, eurent par conséquent pour objet la mesure de la vitesse de propagation de l'électricité dynamique. Ces expériences, qui furent exécutées au moyen du télégraphe de M. Morse, présentèrent de si nombreuses anomalies, qu'elles n'inspirèrent aucune confiance. Dans l'examen critique que M. Fiseau en a fait (Mémoire présenté à l'Académie française en janvier 1851), ce savant attribue l'inexactitude des résultats obtenus au temps nécessaire pour que le télégraphe imprime le signal, *temps qui doit varier*, dit-il, *avec la force du courant.*

M. Mitchel, dans le but de rechercher la vitesse de propagation du fluide électrique, fit construire un chronographe beaucoup plus parfait que le télégraphe de M. Morse, dont il n'était cependant qu'une modification. La bande de papier fut remplacée par un disque en métal tournant avec une vitesse uniforme et sur lequel deux styles, mis en mouvement par des aimants temporaires, imprimaient des points très-nets et dont la distance angulaire pouvait être mesurée avec beaucoup de précision. Les résultats des expériences de M. Mitchel mirent bien en évidence l'*influence de la force du courant électrique sur le temps nécessaire pour qu'un aimant temporaire acquierre le degré d'aimantation que nous appelons aimantation suffisante.*

Nous n'entrerons pas dans plus de détails au sujet des expériences américaines sur la vitesse de propagation de l'électricité ; nous en avons fait mention seulement parce qu'elles confirment les résultats de nos essais sur le temps nécessaire pour qu'un électro-aimant acquierre l'aimantation suffisante, et qu'elles ont été exécutées au moyen de chronographes.

XV.

L'idée du premier *chronographe électro-magnétique* qui fut construit pour être employé spécialement aux expériences de balistique, paraît encore due à M. Wheatstone. Voici comment le savant professeur de King's-college, s'exprime à ce sujet dans sa réclamation de priorité adressée à l'Académie des sciences.

« Les instruments que je construisis réellement
« n'avaient d'autre objet que d'indiquer le temps
« écoulé entre le mouvement initial et le mouve-
« ment final d'une balle parcourant la trajectoire.
« M. de Konstantinoff désirait un instrument mesu-
« rant les temps correspondants aux divisions suc-
« cessives de la trajectoire. Bien que je pensasse
« alors et que je sois encore de l'avis qu'il est pré-
« férable de les déterminer au moyen de décharges
« successives, j'imaginai un appareil à cet effet ; mais
« je n'en entrepris pas la construction en raison de
« son prix plus élevé et de sa plus grande complexité;

« mais il fut l'objet de fréquentes conversations
« entre nous. C'était afin de réaliser ces idées que
« M. de Konstantinoff s'adressa subséquemment
« à M. Bréguet, afin de profiter de l'habileté et de
« l'ingéniosité bien connue de cet ingénieur. »

Le chronographe, dont nous allons donner la description, est donc le résultat du travail en commun de M. le capitaine russe de Konstantinoff et de M. Bréguet. Nous extrayons la description de l'instrument de la note communiquée par M. Bréguet à l'Académie des sciences en janvier 1845.

« Le problème était celui-ci : disposer un instru-
« ment qui peut indiquer et conserver trente ou qua-
« rante observations successives, faites dans des
« espaces de temps très-rapprochés, d'un phéno-
« mène se passant plus ou moins loin de l'endroit où
« se trouve placé l'instrument d'observation. Il nous
« vient naturellement dans l'idée d'employer pour
« cet objet l'électricité.......

« C'est en juin 1843 que nous commençâmes la
« construction de cette machine, voici quelle en est
« la disposition. L'appareil est monté sur un bâtis
« en fonte et se compose de six parties distinctes :
« 1° d'un système de roues dentées mis en mouve-
« ment par une corde roulée autour d'un cylindre,
« et à laquelle est suspendu le poids moteur ; 2° d'un
« cylindre ayant un mètre de circonférence et 0^m,36
« de longueur, divisé sur sa surface en mille par-
« ties qui sont donc des millimètres. Pour diminuer

« son frottement sur ses tourillons, il est porté par « un système de galets. Sur son axe est un pignon « qui communique avec le rouage ci-dessus ; à une « extrémité un volant de quatre ailettes et à l'autre « un plateau de même diamètre que le cylindre ; « 3° d'un petit chemin métallique parallèle à l'axe « du cylindre ; les deux règles qui forment ce che- « min sont isolées l'une de l'autre par de l'ivoire ; « 4° d'un petit chariot monté sur trois roues de « cuivre et roulant sur les deux règles ; il porte trois « électro-aimants et deux styles indépendants l'un « de l'autre, mais dépendants chacun d'un de ces « électro-aimants. Le troisième électro-aimant est « placé sous le chariot et sert à le retenir jusqu'au « moment où l'on veut qu'il parte ; 5° d'un échap- « pement à ancre dont le bras, en fer doux, oscil- « lant entre deux électro-aimants, est appelé tantôt « à droite, tantôt à gauche, suivant qu'un courant « passe autour de l'aimant de droite ou de l'aimant « de gauche. Ce va-et-vient laisse chaque fois échap- « per une dent de la roue sur l'axe de laquelle est un « petit treuil où est enroulé un fil de soie tenant au « chariot qui est tiré par un poids. Le passage du « courant d'un aimant à l'autre se fait à chaque « demi-tour du cylindre au moyen d'un commutateur « placé sur son axe ; de cette manière le chariot « avance d'une quantité constante à chaque demi- « tour, et sa vitesse d'avancement est proportionnelle « à celle du cylindre ; enfin, 6° d'une disposition

« particulière pour s'assurer du mouvement uni-
« forme, indépendamment de tout appareil chrono-
« métrique, et qui donne le moyen de déterminer
« les limites de l'erreur dans le résultat final....

« Nous avons construit plusieurs petits méca-
« nismes semblables l'un à l'autre, mais séparés les
« uns des autres et renfermés chacun dans une petite
« boîte numérotée ; ils serviront à établir le circuit
« pour une cible, quand celle d'avant aura été per-
« cée. Ces boîtes contiennent une roue d'ivoire avec
« des dents à rochets, et portant une dent métallique ;
« sur son axe est une palette avec cliquet entrant
« dans les dents de la roue. Un autre cliquet, indé-
« pendant du premier, ou cliquet de retenue, réta-
« blira le circuit voltaïque lorsque la dent métallique
« viendra le toucher.

« Devant la palette est un électro-aimant qui l'at-
« tire, lorsque le courant circule autour de lui, et
« la laissera repartir quand un fil sera coupé dans
« une cible. C'est dans ce mouvement que la roue
« d'ivoire avance et approche la dent métallique du
« cliquet de retenue.

« Une série de distances, à partir de la charge,
« étant déterminée, un conducteur passera devant
« le boulet, un autre devant la bouche du canon, et
« pour les autres points on placera des cibles dont
« la surface augmentera avec la distance.

« Les cibles sont de grands cadres dont le fil con-
« ducteur de l'électricité parcourt la surface en

« tous sens, de manière à présenter l'aspect d'un « filet dont les mailles sont plus petites que le diamètre du projectile, afin d'être certain que le fil « soit coupé en quelque endroit que la cible soit « percée. Le courant circulant dans une cible, passant en même temps autour de l'électro-aimant « d'un des styles, maintient, par l'aimantation, celui-ci éloigné du cylindre, d'où l'on voit que, au « moment où la cible sera percée, le courant sera « interrompu et le style tombera en faisant une « marque sur le cylindre. Le projectile poursuivant « sa route, percera une autre cible qui, communiquant avec le second style, le fera tomber sur le « cylindre où il fera aussi une marque, et c'est à « l'aide de la distance entre ces deux marques et de « la vitesse connue du cylindre que l'on calculera la « vitesse du projectile quand il passait d'une cible à « la suivante.

« On pourrait avoir un courant et un style pour « chaque cible; mais il sera plus simple de ne faire « usage que de deux courants, quel que soit le nombre des cibles, et pour cela on fera usage des petites boîtes citées plus haut, de la manière suivante :

« On placera chaque boîte entre deux cibles à « partir de la seconde, et par leur moyen, aussitôt « que la seconde cible sera percée, le courant se rétablira pour la troisième, et le premier style se relèvera ; la troisième cible percée, le second style « se relèvera, le premier retombera, et le courant

« parcourra la quatrième cible. Cette opération se « répétera ainsi jusqu'à la dernière.

« Les deux styles ayant chacun leur courant propre « et étant, par conséquent, indépendants l'un de « l'autre, on pourra mesurer des espaces infiniment « petits, ce qu'il ne serait pas possible de faire avec « un seul style et un seul courant, qui serait inter- « rompu, puis rétabli.

« Nous avons vu que le cylindre est divisé en « mille parties, sa circonférence étant de 1 mètre. « Chaque millimètre représente 1/1000 de seconde « lorsqu'il fait un tour en une seconde, 1/2000 « quand il en fait deux, 1/3000 quand il en fait « trois.

« Contre sa circonférence et contre celle du pla- « teau, qui est isolé, frottent des ressorts ; sur cha- « cune de ces circonférences est un arc en ivoire, « afin de produire une interruption aux courants « électriques que l'on fait passer par les électro-ai- « mants des styles. Cette disposition est destinée à « la vérification de l'uniformité du mouvement et « de la mesure du temps que les styles mettent à « tomber sur le cylindre, quantité nécessaire à con- « naître exactement, ou au moins avec les limites « d'erreur entre lesquelles elle oscille, afin de faire « les corrections nécessaires quand on mesure le « nombre de divisions entre deux marques voisines « des styles, nombre qui doit donner la vitesse de « l'espace parcouru par le projectile.

« On voit donc qu'à chaque tour, ou chaque fois « que la portion d'ivoire arrive sous le ressort, le « courant est interrompu, le style tombe, puis se « relève à la fin de l'arc isolant, pour retomber au « tour suivant.

« Maintenant, si l'on observe avec soin la division « du cylindre sur laquelle le style tombe, le cylindre « étant en repos, et ensuite le point où il tombe « lorsque le cylindre est en mouvement, sa vitesse « de rotation en une seconde de temps étant connue, « on aura facilement la mesure du temps que le « style a mis à tomber pendant l'arc ci-dessus me- « suré. C'est ainsi que, le cylindre faisant deux tours « et demi par seconde, l'arc mesuré est de 30 mil- « limètres; et l'on a 30/250 = 0°,012 pour le temps « que le style a mis à tomber sur le cylindre. On a « répété mille fois ces épreuves.

« Pour observer si le mouvement est uniforme, « on fait tourner le cylindre, et quand on le suppose « bien égal, on établit les circuits. Voici alors ce qui « se passe :

« Le chariot qui porte les électro-aimants et les « styles se met en mouvement, et à chaque tour les « styles font leurs marques sur le cylindre, mais en « des endroits différents, dans le sens horizontal.

« Quand on est arrivé au bout du cylindre, et « qu'on examine les indications, on doit, si le mou- « vement est uniforme, trouver toutes les marques « sur une même directrice ; s'il est accéléré ou re-

« tardé, sous la forme d'une ligne héliçoïde, ou si-
« nueuse s'il est inégal. On a par là un véritable ap-
« pareil chronométrique qui se vérifie de lui-
« même.

« Nous avons observé le mouvement sur des vi-
« tesses de deux tours et demi et trois tours par
« seconde, et en faisant tomber le style, nous avons
« trouvé toutes les marques sur une même direc-
« trice ; quelquefois il y avait des différences
« de 1 millimètre, ce qui indiquait, à cet instant,
« une variation du mouvement de 1/2500 = 0ˢ,0004.

« Pour apprécier le moment où la vitesse deve-
« nait uniforme, nous observions les tours de l'axe
« immédiatement avant le cylindre, avec un comp-
« teur ; mais pour éviter cette opération plus ou
« moins fastidieuse, j'eus l'idée de mettre un com-
« mutateur sur l'axe et de disposer un compteur
« dont l'aiguille fait des points sur un cadran, avec un
« système d'électro-aimants.

« A chaque tour de l'axe, le commutateur réta-
« blissait un circuit électrique qui, circulant autour
« des électro-aimants, produisait une vive attraction,
« et l'extrémité d'un levier pressait sur le bouton du
« compteur ; les points faits ainsi sur le cadran
« étaient marqués avec une grande régularité. »

Si l'appareil construit par M. Bréguet enregistrait les temps très-petits avec la précision indiquée dans la description que nous venons de reproduire, son emploi rendrait d'immenses services à l'artillerie et

se généraliserait malgré le prix élevé de l'instrument. Mais, sans mettre en doute la bonne foi de M. Bréguet, nous pouvons avancer que la précision, dont parle cet ingénieur, est un résultat tout exceptionnel. Nous avons vu M. Wheatstone régler l'intensité des courants pour obtenir que l'erreur due au défaut de compensation des effets électro-magnétiques, fût réduite à 1/60 de seconde seulement (VIII); cette même cause de perturbation se présente dans les essais exécutés en Prusse (X), en Suède (XII), en Amérique (XIV) : les procédés de M. Bréguet ne contiennent aucune disposition propre à l'écarter.

Lorsque MM. de Konstantinoff et Bréguet ont construit leur chronographe, ils ne prévoyaient bien certainement pas l'influence de l'intensité des courants sur l'exactitude de la marche de l'appareil, puisqu'ils se proposaient de faire usage « de petits « mécanismes servant à établir le circuit pour une « cible, quand celle d'avant aurait été percée ; » or, il est évident qu'en passant successivement dans des circuits de longueurs différentes, le courant aurait varié d'intensité, et que dès lors, les temps nécessaires pour obtenir la désaimantation suffisante des aimants temporaires ne pouvaient plus se compenser.

Les perturbations dues aux variations de l'intensité des courants ont pu échapper à M. Bréguet opérant peut-être avec des courants très-faibles et dans des circonstances d'égalité des actions électro-ma-

gnétiques réalisées par le hasard; mais lorsque M. de Konstantinoff aura voulu employer son chronographe à des expériences de balistique, de nombreux mécomptes seront probablement venus lui révéler l'existence de causes perturbatrices.

Nous savons que longtemps après que le chronographe construit par M. Bréguet avait été essayé à Saint-Pétersbourg, M. de Konstantinoff faisait des recherches pour améliorer cet appareil; si la marche du chronographe avait été aussi parfaite que l'indique M. Bréguet, il eût été parfaitement inutile de rechercher des améliorations.

Il est probable que M. de Konstantinoff, dont la réputation scientifique paraît bien établie à Saint-Pétersbourg, aura fait des observations intéressantes pendant les essais auxquels il s'est livré. Des renseignements nous ont été promis par un officier général au service de S. M. l'Empereur de Russie; nous attendons que ces renseignements nous soient parvenus pour apprécier la part à laquelle l'artillerie russe peut prétendre dans le perfectionnement des appareils électro-balistiques. En attendant, nous concluons en nous fondant sur les résultats des expériences mentionnées précédemment, et sur les principes que nous en avons déduits, que le chronographe, tel qu'il a été décrit par M. Bréguet, est impropre aux expériences de l'artillerie.

XVI.

Examinons maintenant la critique de l'appareil de M. Bréguet faite par M. Wheatstone, et les dispositions que ce dernier propose pour réaliser un chronographe qu'il croit beaucoup plus simple et plus efficace.

M. Wheatstone s'exprime en ces termes :

« Quant à l'instrument décrit par M. Bréguet, je « le considère comme beaucoup moins exact, beau- « coup plus compliqué et plus coûteux qu'aucun de « ceux que j'ai précédemment inventés. Quand il « est réduit uniquement à déterminer les mouve- « ments initial et final d'une balle, l'instrument de « M. Bréguet est muni de cinq électro-aimants, « chacun avec son mécanisme, tandis que le mien « atteint le même résultat avec un seul électro-ai- « mant, et lorsque les différentes divisions d'une « même trajectoire doivent être étudiées, M. Bréguet « propose un aimant complémentaire et fait d'autres « additions à chacune des partitions que doit tra- « verser la balle. Si M. Bréguet avait été mieux in- « formé des moyens par lesquels je devais obtenir « une suite de mesures successives correspondantes « à une même trajectoire, il aurait trouvé que ce « qu'il propose d'obtenir, même avec une douzaine « d'électro-aimants, serait obtenu d'une manière « plus efficace au moyen d'un seul. Voici quel était « mon plan :

« Un cylindre exécute un mouvement de rotation autour d'une vis, de façon à avancer d'un quart de pouce par révolution : à une des extrémités du cylindre est adaptée une roue dentée d'un diamètre un peu plus grand que celui du cylindre, et qui s'engrène avec un pignon dont la longueur est égale à la portion totale d'axe que doit franchir le cylindre dans ses révolutions successives. Ce pignon communique avec des rouages mis en mouvement par un poids suspendu à l'extrémité d'un fil qui tourne autour d'un cylindre, et le rouage est muni d'un régulateur qui en égalise le mouvement ; un crayon adapté à l'extrémité d'un petit électro-aimant est amené en contact avec le cylindre et y trace une hélice qui est interrompue chaque fois que le courant cesse. J'empruntai l'idée de la partie chronoscopique de cet appareil, d'un instrument destiné à mesurer de très-petits intervalles de temps, inventé par feu le docteur Young, et qui est décrit et dessiné dans son cours de philosophie naturelle. On comprend aisément, d'après ce que j'ai rapporté, de quelle manière le commencement et la fin du mouvement d'un projectile sont indiqués par cet instrument. Les périodes intermédiaires sont enregistrées de la manière suivante : Aux points voulus, sur la ligne de passage du projectile, on établit des cadres formés par des réseaux en fil métallique ; le projectile rompt les fils métalliques en traversant les

« cadres; on emploie autant de batteries voltaïques « qu'il y a de paires de cadres dont les fils métal- « liques communiquent avec les pôles de ces batte- « ries électriques, et avec le fil métallique de « l'électro-aimant, de telle façon que le courant « électrique traverse l'hélice en fil métallique de « l'électro-aimant, ou cesse de la parcourir suivant « que l'équilibre est alternativement détruit ou ré- « tabli par la rupture successive des fils métalliques « des cadres. Pour obtenir ce résultat, il est néces- « saire que la résistance des différents fils métalliques « soit convenablement proportionnée. »

Nous avons déjà discuté la disposition des *courants en équilibre*, et les inconvénients qu'elle présente ont été indiqués (IX). Nous ajouterons qu'un appareil enregistreur, qui exigerait que beaucoup de courants fussent convenablement réglés, amènerait tant de complications dans les expériences de polygone que leur exécution deviendrait presque impossible.

Le moyen que propose M. Wheatstone, pour obtenir les indications sur la surface cylindrique, nous paraît préférable à celui dont M. Bréguet fait usage. En effet, quand l'indication résulte de l'interruption d'une ligne que trace le style, elle suit immédiatement la mise en mouvement de ce style, tandis que, quand l'indication est produite par la chute du style, le temps nécessaire à cette chute précède l'instant de l'indication. Or, si les temps des chutes successives des styles ne sont pas parfaitement égaux entre eux,

la marche du chronographe sera inexacte ; en supprimant le temps de chute on écarte donc une cause d'inexactitude. Nous devons faire observer que nous ne comprenons pas, dans le temps de chute, celui nécessaire pour obtenir la désaimantation suffisante de l'aimant temporaire qui maintient le style.

Par le procédé de M. Wheatstone, le style reste plus longtemps en contact avec le cylindre que par celui de M. Bréguet, et c'est un inconvénient à cause du frottement qui en résulte.

Quant à la combinaison mécanique proprement dite, le chronographe projeté par le professeur anglais nous paraît inférieur de beaucoup à celui de MM. de Konstantinoff et Bréguet. Il doit être difficile d'obtenir un mouvement uniforme de rotation assez rapide pour permettre d'apprécier des temps fort petits, en faisant commander la roue dentée fixée au cylindre par un pignon ; le vice de cette disposition est encore aggravé par le grand diamètre que l'on est obligé de donner à cette roue pour qu'elle dépasse la surface du cylindre et puisse courir le long du pignon en exécutant son double mouvement de rotation et de translation.

Le mouvement de translation considérable (1/4 de pouce par tour) que M. Wheatstone propose d'imprimer au cylindre, prouve que l'inventeur n'a pas eu l'intention de faire usage d'un mouvement de rotation rapide : aussi se garde-t-il bien d'adapter le régulateur sur l'axe du cylindre, comme le fait

M. Bréguet : il le place dans le rouage, probablement sur l'axe du dernier pignon. Le chronographe ainsi monté perdrait une grande partie de son utilité dans les expériences d'artillerie, parce qu'il ne permettrait pas de mesurer des temps assez petits.

(*La suite à un prochain numéro.*)

ÉTUDES

SUR LES APPAREILS

ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

DESTINÉS AUX EXPÉRIENCES DE L'ARTILLERIE EN ANGLETERRE, EN RUSSIE, EN FRANCE, EN PRUSSE, EN BELGIQUE, EN SUÈDE ETC., ETC.

Par MARTIN DE BRETTES,
Capitaine-Commandant au 3e régiment d'artillerie,

Je m'occupais, depuis plusieurs années, à chercher les moyens d'employer l'électro-magnétisme dans les expériences relatives au service de l'artillerie, lorsqu'après avoir imaginé plusieurs dispositions pour mettre en jeu d'une manière sûre, constante et facile un agent aussi subtil, je m'arrêtai en 1847 à un projet de *Chronographe électro-magnétique* qui, d'après un juge très-compétent en fait d'appareils électriques, M. Bréguet, paraît remplir toutes les conditions de simplicité, de solidité et de précision, nécessaires à ce genre d'appareils.

Le dessin à l'échelle de ce projet de chronographe et un mémoire dans lequel cet appareil et d'autres instruments d'un emploi moins général étaient décrits, ainsi que les moyens de s'en servir dans une série d'expériences, furent adressés à M. le ministre de la Guerre, en 1847, pendant que j'étais adjoint au directeur de l'École de pyrotechnie militaire. Ce projet fut ensuite envoyé au Comité de l'artillerie qui le jugea digne d'être examiné par une commission, et M. le général Gourgaud, alors président du Comité de l'arme voulut bien me faire l'honneur de m'en informer par une lettre aussi flatteuse que bienveillante.

Le même mémoire adressé à l'Institut eut l'honneur d'être communiqué à l'Académie des sciences, le 16 octobre 1847, par M. Arago qui daigna exposer lui-même les principes et l'objet de mon appareil. L'Académie nomma une commission, composée de MM. Pouillet, Becquerel et Morin, chargée de lui faire un rapport sur ce mémoire.

M. le ministre de la Marine, à qui j'eus l'honneur d'adresser un exemplaire de mon mémoire, voulut bien le trouver digne d'être l'objet d'un examen particulier, et m'informa de cette marque de considération par une lettre flatteuse dans laquelle il daignait montrer de l'intérêt au succès de l'appareil électro-magnétique.

Les officiers d'artillerie qui eurent connaissance de mon mémoire, lui firent en général un accueil très-favorable.

En un mot, lorsque mon projet de chronographe électro-magnétique parut, il fut généralement bien accueilli, et tout faisait espérer qu'il serait exécuté, ou que du moins l'application de l'électro-magnétisme aux expériences de l'artillerie serait l'objet de recherches et d'expériences nécessaires pour résoudre les difficultés inhérentes à l'emploi d'un agent aussi subtil que le fluide électro-magnétique.

Sur ces entrefaites, la batterie dans laquelle je comptais, comme capitaine en deuxième, partit pour l'Afrique. J'eus ainsi l'honneur d'aller faire partie de cette glorieuse armée, qui tient d'une main l'épée de la conquête, de l'autre les instruments de la civilisation, qui se repose des fatigues de la guerre en faisant des routes, en desséchant les marais, en défrichant, en construisant des hôpitaux, des casernes, des villages, et en un mot en jetant les fondations indestructibles de la civilisation de l'Algérie. Je laissai donc de côté les travaux scientifiques, occupation de la vie de garnison, pour me livrer exclusivement aux exigences de mon service militaire, et à l'étude intéressante de la colonisation comme membre de la commission consultative de la subdivision de Milianah.

D'autre part, les graves préoccupations qui furent la conséquence de la révolution de 1848, détournèrent naturellement tout le monde des recherches scientifiques, de sorte qu'il ne fut plus question d'appareils électro-magnétiques.

Cependant je n'oubliais pas mon projet de chro-

nographe électrique. Dès que je fus rappelé en France en 1849, pour prendre le commandement d'une batterie, j'employai les rares loisirs que me laissaient mes fonctions et le service régimentaire, à perfectionner mon appareil, et à réunir tous les documents possibles sur les tentatives faites à l'Étranger et en France, pour appliquer l'électro-magnétisme aux expériences de l'artillerie, afin de m'éclairer des observations qui auraient pu être faites, sur les difficultés d'application de cet agent invisible.

Ces recherches d'amélioration me conduisirent à de nouveaux appareils, entre autres au *pendule électro-magnétique à style*, dont la description a été communiquée à l'Académie des sciences, le 11 octobre 1851. C'est un appareil qui permet de calculer des temps très-courts, par la détermination de la grandeur et de la position des arcs correspondants.

La difficulté de se procurer, au fond d'une garnison de province les documents et les éclaircissements nécessaires, le peu de temps disponible que laisse le service régimentaire, etc., m'obligeant d'interrompre fréquemment mon travail, ont amené dans son exécution une lenteur impossible à éviter, car j'ai toujours été livré à mes seules ressources.

Cependant je suis parvenu, à force de recherches et avec l'obligeance de plusieurs officiers des artilleries étrangères, à réunir des documents assez complets sur toutes les tentatives faites pour appliquer

l'électro-magnétisme aux expériences de l'artillerie, et à donner ainsi une base d'un grand intérêt au travail suivant qui résulte de leur examen.

Plusieurs de mes camarades m'ayant fait observer, à propos de mon mémoire sur le chronographe électro-magnétique, qu'il aurait été utile de le faire précéder des notions d'électro-magnétisme nécessaires pour que le lecteur pût, sans recourir aux traités de physique, juger avec connaissance de cause des appareils si nouveaux pour beaucoup d'officiers, j'ai eu égard à cette observation dans les *Etudes sur les appareils électro-magnétiques destinés aux expériences de l'artillerie*. Dans ce but, j'ai fait précéder mon mémoire de notions sur les courants électriques, leurs propriétés, les appareils producteurs de courants, les moyens de les constater. de les mesurer, de les régler, etc.

Toulouse, 1852.

CHAPITRE Ier.

NOTIONS GÉNÉRALES D'ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES.

I.

Des courants électriques.

§ 1er.

Définition des courants.

Si on joint par un fil métallique ou un corps conducteur, les deux points, appelés *pôles*, où s'accumulent les deux électricités contraires produites d'une manière continue, par une source quelconque, ces deux électricités se recombineront continuellement dans tous les points du fil. Ainsi, si on coupe en un point quelconque le conducteur, qu'on rapproche les extrémités coupées et que la source génératrice de l'électricité soit assez intense, il jaillira entre elles une étincelle, indice de la recomposition des fluides. Mais au lieu d'être instantanée comme l'étincelle ordinaire, celle-ci se reproduira indéfiniment, puisque la source renouvellera les deux électricités à mesure

qu'elles se combineront; et, comme les étincelles se succéderont très-rapidement, elles produiront l'effet d'une flamme continue. Cette production d'une série d'étincelles indique que les fluides sont animés d'un certain mouvement, le long du corps conducteur pour venir se combiner, ce qui leur a fait donner les noms de *courants électriques*, *de courants dynamiques*.

Si on coupe le conducteur et que les deux extrémités soient assez éloignées pour que l'étincelle ne jaillisse plus, ou qu'elles ne soient pas en communication par un corps conducteur, les deux électricités ne pourront plus se combiner, et tout mouvement des fluides électriques cessera dans le conducteur. Ainsi la production d'un courant nécessite la réunion des pôles par un corps conducteur d'électricité. On l'a appelé *fil conducteur*, *arc-interpolaire*, *électrode*, *Rhéophore* (1).

---

(1) Les divers corps possèdent le pouvoir conducteur à différents degrés. Ainsi, pour les fils de cuivre et de fer de même diamètre et de même longueur, il est représenté par 91,4 et 12,3. La température modifie le pouvoir conducteur en le diminuant. Les liquides se comportent comme les corps solides; mais les dissolutions salines ont un très-petit pouvoir conducteur. La terre est un excellent conducteur. Sa propriété conductrice a été découverte par M. Steinhel (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1838), et étudiée plus tard par M. Matteuci, avec la sagacité qui distingue cet illustre phy-icien.

Plus tard, une certaine influence mutuelle entre les aimants et les courants ayant été reconnue, on donna aussi aux fluides électriques le nom de *fluides électro-magnétiques*, et aux courants celui de *courants électro-magnétiques*; nous emploierons indifféremment ces diverses dénominations également admises.

§ 2.

Sens des courants.

La circulation des fluides dans un corps conducteur étant admise, il fallait déterminer le sens du mouvement. Le transport des particules dans le conducteur, de l'extrémité placée du côté où s'accumule l'électricité positive, vers celle qui est en communication avec l'électricité négative, quand l'étincelle jaillit, peut faire considérer comme vraie l'hypothèse, généralement admise, que le mouvement s'opère dans le conducteur du pôle positif au pôle négatif. D'après cette hypothèse, le courant est toujours représenté par la forme du conducteur qu'il parcourt: ainsi on dit qu'un courant est rectiligne, circulaire, rectangulaire, selon que le conducteur a une figure ainsi qualifiée.

§ 3.

Circuit voltaïque.

Quand les pôles d'une source électrique sont mis en communication par un corps conducteur de manière que le courant circule, le système prend le nom de *circuit voltaïque* ou simplement celui de *circuit*.

On dit que le circuit est *fermé* quand le courant est en activité, et qu'il est *interrompu*, *coupé*, *disjoint*, quand une solution de continuité du conducteur ou une autre cause empêche la combinaison des deux électricités, en un mot fait cesser le courant.

On appelle *interrupteur*, *disjoncteur*, *Rhéotome*, l'appareil au moyen duquel on interrompt le circuit.

On appelle *commutateur*, *Rhéotrope*, l'appareil destiné à renverser le sens des courants.

II.

Propriété des courants électriques.

§ 1.

Lois de l'intensité des courants.

L'intensité d'un courant est la même en tous les points du circuit, en le supposant parfaitement isolé, ce qui est constaté par l'égalité de déviation de l'aiguille d'un galvanomètre, quelle que soit la distance à laquelle on le met de la pile.

L'intensité du courant varie avec la longueur, le diamètre et la nature du conducteur, c'est-à-dire proportionnellemeut au diamètre du conducteur, à sa conductibilité, et en raison inverse de sa longueur; mais elle est toujours la même aux différents points du même circuit.

Ces faits ont conduit à la formule suivante, qui donne la valeur de la force du courant dans un circuit en supposant les plaques des éléments de la pile voltaïque parallèles entre elles et d'égale grandeur.

$$F = \frac{nE}{\frac{nRD}{S} + \frac{rl}{s}},$$

Formule dans laquelle : F est la force du courant, E la force électromotrice, dont nous parlerons plus loin, *n* le nombre des éléments de la pile, R la résistance spécifique du liquide, D l'épaisseur de la couche liquide ou la distance des plaques, S la section des plaques en contact avec le liquide, *r* la résistance spécifique du fil conducteur, *l* sa longueur, *s* sa section.

Traduite en langage ordinaire, cette formule donne les lois suivantes :

1° *La force électromotrice d'un circuit voltaïque varie avec le nombre des éléments, la nature des métaux et des liquides, mais est indépendante des dimensions des éléments ;*

2° *La résistance de chaque élément est directement proportionnelle à la distance qui, dans le liquide, sépare les plaques l'une de l'autre, à la résistance spécifique de ce liquide, et inversement proportionnelle à la surface des plaques en contact avec ce dernier;*

3° *La résistance du fil conducteur du circuit est inversement proportionnelle à sa section, et directement proportionnelle à sa longueur.*

Les lois de la distribution d'un courant électrique dans les deux parties d'un circuit bifurqué pour obtenir des *courants dérivés* sont : que dans chaque conducteur partiel, la force du courant est en raison directe de sa section, de sa conductibilité et en raison inverse de sa longueur.

§ 2.

Vitesse de l'électricité.

La vitesse de l'électricité dans les corps conducteurs est très-considérable. De là la difficulté de la mesurer avec exactitude. Aussi les résultats obtenus par les divers physiciens qui se sont occupés de cette question sont-ils très-différents. Nous les ferons connaître sommairement sans nous occuper des procédés employés. M. Jacobi, d'après ses expériences, faites à Dorpat, en 1836, 1837, et dont le résultat a été inséré dans le bulletin scientifique de Saint-Pétersbourg en 1838, estimait que la vitesse de l'électricité voltaïque était de 20,000 kilomètres par seconde.

M. Wheatstone, savant professeur de physique du collége de King's Charles, relata, dans un mémoire, lu en 1834 à la société royale de Londres, les expériences qu'il avait faites pour mesurer la vitesse des courants électriques. Ses conclusions furent que cette vitesse dépassait celle de la lumière et s'élevait à 460,000 kilomètres par seconde.

M. Walker aux États-Unis, opérant sur les fils du télégraphe électrique, a, dans un mémoire publié, en 1848, dans le *Journal astronomique* de Cambridge, estimé la vitesse des courants successivement à 18,700, 16,000 et 12,000 milles anglais par seconde.

M. Mitchel, à la même époque, portait la vitesse au nombre rond de 30,000 milles par seconde.

Enfin MM. Gounelle et Fiseau opérant, en 1849, sur les lignes télégraphiques de Paris à Rouen et de Paris à Lille, ont trouvé :

1° Que dans un fil de fer de 4 millimètres de diamètre, l'électricité se propage avec une vitesse de 101,710 kilomètres par seconde, en nombre rond 100,000 kilomètres ;

2° Que dans un fil de cuivre de 2 millimètres 5 de diamètre, cette vitesse était de 177,722 kilomètres par seconde, en nombre rond 180,000 kilomètres ;

3° Que les deux électricités se propagent avec la même vitesse ;

4° Que la tension électrique est sans influence sur la vitesse ;

5° Que la vitesse paraît être indépendante de la section des conducteurs, mais varie avec leur nature.

Le soin avec lequel MM. Fiseau et Gounelle ont opéré, fait admettre, comme très-approchant de la vérité, les résultats auxquels ils sont parvenus.

§ 3.

Action d'un courant sur l'aiguille aimantée, — sur l'acier, — le fer doux.

M. Œrsted observa le premier, en 1820, que si l'on plaçait dans le voisinage d'une aiguille de dé-

clinaison un fil métallique traversé par un courant voltaïque, l'aiguille était déviée de sa position primitive et en prenait une d'équilibre, déterminée par celle qu'elle occupait en premier lieu relativement au courant.

C'est à M. Ampère que l'on doit une formule simple qui permet de définir avec la plus grande précision la position d'une aiguille aimantée sous l'influence d'un courant quelconque. Supposons, pour fixer les idées avec l'illustre physicien, qu'un petit homme soit étendu, suivant la longueur d'un courant rectiligne, de manière que, regardant toujours l'aiguille aimantée, ses pieds soient constamment du côté du pôle positif et sa tête du côté du pôle négatif. Le courant ainsi personnifié aura une gauche et une droite faciles à trouver d'après les hypothèses précédentes, et toutes les positions que l'aiguille pourra prendre relativement au courant seront comprises dans la formule suivante : *L'aiguille magnétique se met en croix avec le courant, son pôle austral se portant à sa gauche.*

Les courants non-seulement agissent sur l'aiguille aimantée, mais peuvent encore aimanter l'acier et le fer aussi fortement que les aimants naturels les plus puissants. Ainsi M. Arago, à qui l'on doit cette féconde découverte, en faisant passer un courant dans un fil métallique isolé et enroulé en hélice sur un tube de verre dans lequel étaient une aiguille d'acier trempé et un morceau de fer doux, aimanta instan-

tanément le fer et l'acier ; mais avec ce procédé d'aimantation, l'acier seul conserve la propriété magnétique, tandis que le fer doux la perd aussitôt que le courant cesse. La nature des pôles de ces aimants varie selon que le sens de l'hélice est *dextrorsum* ou *sinistrorsum*.

Cette propriété du fer doux a donné le moyen de produire des aimants temporaires d'une grande puissance. On conçoit, en effet, que si on enroule le fil métallique deux, trois, quatre fois, etc., de manière à former une série d'hélices superposées, on multipliera l'effet du courant. Si, en outre, au lieu d'employer un tube de verre, on enroule immédiatement les fils isolés avec de la soie, autour du barreau de fer doux, le courant électrique aimantera ce barreau et lui communiquera une puissance magnétique, variable avec l'intensité du courant, le nombre des hélices, etc., et qui sera pour ainsi dire indéfinie. On a donné le nom d'*électro-aimant* au système ainsi composé d'un barreau de fer doux et d'une bobine de fil métallique dans laquelle on le place.

On donne habituellement au fer doux la forme

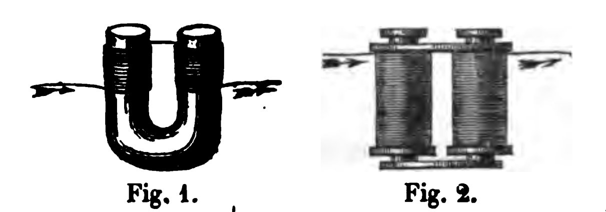


Fig. 1. Fig. 2.

d'un fer à cheval, afin de rapprocher les pôles de noms

contraires et d'augmenter ainsi l'intensité magnétique. On adopte aussi souvent une disposition analogue dans laquelle les branches de fer à cheval sont remplacées par deux cylindres de fer doux parallèles et réunis par une pièce du même métal.

§ 4.

Action des aimants sur les courants.

Si les courants agissent sur les aimants, réciproquement ceux-ci peuvent exercer une action sur les courants et leur donner une mobilité qui la manifeste. On y est parvenu par différents procédés, par exemple en suspendant des conducteurs en fil de cuivre, de façon qu'ils aient la faculté de se mouvoir en divers sens. Ils obéissent alors à l'action de l'aimant, même à celle de la terre, et l'on produit ainsi, sur des portions de circuit, des phénomènes de direction et de rotation que l'on pourrait déduire immédiatement des effets produits par les courants sur les aimants.

§ 5.

Action mutuelle des courants.

Les courants exercent aussi une influence mutuelle les uns sur les autres selon le sens du mouvement

du fluide, la forme et la direction des circuits dans lesquels ils passent. C'est M. Ampère qui a découvert ces actions et établi la théorie générale de ces phénomènes électro-magnétiques. Cet illustre physicien a trouvé que :

1° *Deux courants parallèles s'attirent quand ils cheminent dans le même sens, et se repoussent quand ils cheminent en sens inverse;*

2° *L'action des courants sinueux est toujours équivalente à celle d'un courant linéaire de même longueur et de même intensité;*

3° *Deux courants croisés tendent toujours à devenir parallèles et à se diriger dans le même sens.*

§ 6.

Courants d'induction.

Un courant peut développer par influence, dans un circuit fermé, un courant qui prend le nom de *courant induit*. Le courant qui le fait naître s'appelle alors *courant inducteur*. On met ce fait en évidence par la disposition suivante. On enroule en hélice sur un cylindre de bois, et parallèlement entr'eux, deux fils de cuivre isolés d'environ 100 mètres de longueur. Ces deux fils forment ainsi deux hélices dont l'une est mise en communication avec un galvanomètre, instrument dont nous parlerons bientôt, et

l'autre avec les pôles d'une pile. L'aiguille du galvanomètre est aussitôt déviée, *mais revient bientôt à sa position ordinaire d'équilibre*. Quand le *courant inducteur* est interrompu, il se produit un autre effet, mais en sens inverse; il résulte de là que :

1° Lorsqu'un courant commence à passer dans un circuit, il développe un *courant induit* dans un autre circuit convenablement disposé, et quand le circuit voltaïque est interrompu, il se développe un nouveau *courant induit dans l'autre circuit;*

2° Le *courant induit* a une direction inverse de celui du *courant inducteur*, quand celui-ci commence à circuler, et le même sens quand le courant cesse;

3° Pendant que le *courant inducteur* est en activité d'une manière continue, il ne produit pas des *courants d'induction* dans l'autre circuit.

La liaison intime qui lie le magnétisme à l'électricité dynamique devait faire supposer que les aimants pourraient aussi produire des courants d'induction. Cette hypothèse a été vérifiée par les phénomènes d'induction produits de la manière suivante par les aimants : On enroule en hélice autour d'un cylindre isolant un fil formant un circuit dans lequel se trouve un galvanomètre; alors si on introduit dans l'hélice l'extrémité d'un barreau aimanté, on produit dans le fil un courant instantané qui dévie l'aiguille aimantée dans un sens qui dépend de la nature du pôle engagé dans l'hélice. Lorsque l'aiguille aimantée du galvanomètre est revenue à *zéro*, si on retire

le barreau, elle est chassée dans un autre sens, puis revient de nouveau au zéro, effet qui annonce l'existence d'un courant instantané et en sens inverse ; ainsi les aimants agissent comme les courants pour produire des courants d'induction.

III.

Sources d'électricité. — Appareils Rhéomoteurs.

§ 1.

Causes générales d'électricité.

Les courants électriques provenant de la recomposition des deux fluides contraires, toute cause capable de dégager l'électricité d'un corps produira un courant ; car les deux fluides positif et négatif, qui sont toujours simultanément développés, tendant à se réunir, il suffira de rendre possible cette réunion pour que le courant ait lieu. Les causes connues capables de donner naissance à des courants peuvent être rangées dans un des quatre groupes suivants :

1° Les actions mécaniques, telles que : le frottement, la pression, le clivage, etc. ;

2° Les actions physiques, telles que celles produites par la capillarité, la chaleur, le magnétisme, etc. ;

3° Les actions chimiques, telles que : la combustion, les réactions chimiques en général, etc. ;

4° Les actions physiologiques, comme dans la torpille, la gymnote, ou anguille de Surinam, etc.

Nous donnerons en général le nom d'*appareil Rhéomoteur* à toute source d'électricité dynamique. Nous allons passer en revue les principales.

§ 2.

Machines électriques.

Parmi les appareils fondés sur les actions mécaniques, nous citerons seulement la machine électrique ordinaire, connue de tout le monde, qui développe l'électricité par frottement. Elle donne un courant, lorsqu'au moyen d'un fil métallique les coussins sont mis en communication avec les conducteurs, et même quand ceux-ci le sont tout simplement avec le sol naturel. La présence du courant est constatée par la déviation de l'aiguille aimantée.

L'inconvénient de cet appareil est de ne produire qu'un très-faible courant, même avec de très-puissantes machines, ce qui est attribué à la lenteur du dégagement de l'électricité comparée à la prodigieuse vitesse avec laquelle elle s'écoule.

§ 3.

Piles voltaïques.

A. — *Force électro-motrice.* — *Principe de Volta.* — *Principe chimique.*

Les appareils fondés sur les actions chimiques prennent le nom de piles voltaïques, ou simplement celui de piles. La pile est toujours composée d'une série d'*éléments* ou *couples* semblables ou égaux, capables de produire l'électricité. De là vient qu'on donne aussi à la pile le nom de *série Rhéomotrice*, et à l'élément voltaïque celui d'*élément Rhéomoteur*.

Volta, à qui l'on doit la construction de la première pile, avait été conduit à cette découverte par l'adoption de quelques principes que l'expérience n'a pas confirmés d'une manière générale. Cet illustre physicien admettait que le contact seul de deux métaux différents suffisait pour déterminer la décomposition du fluide neutre qu'ils contiennent ; de sorte que l'un d'eux se chargeait du fluide positif, et l'autre du fluide négatif.

Cette force née au contact des métaux hétérogènes, qui décompose sans cesse les fluides électriques et donne naissance à des forces nouvelles dont

les effets se font sentir à la matière pondérable, a été nommée par Volta *force électro-motrice.*

Il divisait les corps en deux classes : ceux capables de développer l'électricité, et ceux qui ne jouissaient pas de cette propriété ou la possédaient à un faible degré, mais pouvaient conduire le fluide électrique.

Il appela les premiers *corps électro-moteurs*, et les autres *corps conducteurs.* Les métaux étaient regardés généralement comme bons électro-moteurs; mais, parmi ceux-ci, le zinc et le cuivre parurent posséder les propriétés Rhéomotrices au plus haut degré.

Les liquides, tels que l'eau pure, acidulée, saline, étaient, au contraire, considérés comme mauvais électro-moteurs et bons conducteurs.

L'élément de Volta était construit avec trois corps différents : deux *métalliques*, bons *électro-moteurs*, et un *non-métallique* bon *conducteur et faible électro-moteur*. Il se composait de deux plaques métalliques, l'une de cuivre, l'autre de zinc, séparées par une rondelle en drap, humectée d'eau pure, acidulée, alcaline ou saline. Cette rondelle constituait le corps conducteur, qui était quelquefois le liquide lui-même.

Volta non-seulement admettait que le contact de deux métaux différents produisait l'électricité, mais que le liquide jouait un rôle entièrement passif. Mais cette hypothèse ne tarda pas à soulever des objections et à donner lieu de rechercher si l'action

chimique, développée au contact des liquides et des solides, ne contribuait pas à dégager les deux électricités. Telle fut l'origine de la théorie chimique de la pile, aujourd'hui généralement adoptée.

Volta n'employait dans sa pile qu'un seul liquide. Cet exemple a été suivi pendant longtemps dans les divers appareils voltaïques imaginés pour remplacer celui de Volta, d'un usage peu commode. Mais, dans ces derniers temps, on a imaginé des piles à deux liquides différents, d'un usage facile, et douées de propriétés remarquables.

Nous diviserons donc les piles où l'électricité est développée par l'action chimique en deux classes; savoir : les piles à un seul liquide, et celles à deux liquides.

B. — *Piles à un liquide.*

Les piles à un seul liquide reposent sur ce principe que, dans l'élément voltaïque, le zinc en contact avec la solution acidulée détermine la décomposition des fluides dans le liquide par son affinité pour l'oxygène, que l'oxygène de l'eau décomposée se porte sur le zinc, et que l'hydrogène, chargé du fluide positif, communique son état électrique à la solution qui le fait partager au cuivre en contact avec elle ; de sorte que le fluide négatif est accumulé sur le zinc, et le fluide positif sur le cuivre.

Quand il y a un nombre quelconque d'éléments

voltaïques réunis par leurs pôles opposés pour former une *pile*, le même phénomène se passe dans chaque couple, et les deux fluides contraires se transportent aux extrémités ou *pôles* de la pile.

La pile à colonne de Volta, celle à auge de Wollaston, celle à hélice, celle de Smée, celle de Yung, qui sont toutes des piles à un liquide, donnent lieu aux effets chimiques dont nous avons donné une idée générale.

La tension électrique élémentaire de ces diverses piles, ainsi que la quantité d'électricité développée sur une surface donnée, varient, en général, par plusieurs causes, telles que : l'état dans lequel se trouve le zinc, la conductibilité du liquide dans lequel plonge l'élément, l'état différent des surfaces sur lesquelles l'hydrogène se dégage ou se combine pour opérer des revivifications métalliques.

Cette variation de tension ou de quantité d'électricité dégagée par ces piles les rend impropres à produire des courants électriques d'une intensité constante pendant un temps plus ou moins long, production nécessaire dans beaucoup de circonstances, entre autres quand ils doivent être employés avec des appareils chronométriques. Cependant MM. Cooke, Wheatstone et le prince de Bagration sont parvenus à construire des piles à un seul liquide sensiblement constantes (1). Celle de M. Cooke est employée

(1) Pouillet, *Éléments de physique*, t. I, liv. III, ch. 7.

en Angleterre pour le service de quelques lignes télégraphiques ; mais, comme elles ne sont pas en usage en France, nous ne nous y arrêterons pas.

C. — *Piles à deux liquides. — Principes fondamentaux. — Propriétés.*

L'application de l'électricité aux arts et à l'industrie exigeait des appareils générateurs doués d'une force productrice constante, ou du moins qui n'éprouvât qu'une variation insensible pendant un laps de temps assez long.

Les piles à auges, généralement en usage, ne remplissent pas ce but. M. Becquerel chercha à découvrir les principes sur lesquels les piles à courant constant devaient être établies. Après de nombreuses expériences, ce savant physicien a découvert ces principes féconds. Il a constaté que le moyen le plus simple et le plus facile à employer pour produire des courants constants pendant un temps pour ainsi dire indéfini, consistait dans l'emploi des piles à deux liquides, ayant égard, dans la construction de l'élément voltaïque, aux principes suivants :

1° *Séparer les deux liquides employés avec un diaphragme qui permette une réaction lente entre eux et n'apporte que le moindre obstacle possible à la circulation du courant* (1) ;

---

(1) La baudruche, la toile à voile, le cuir tanné et sec, les corps fibreux et poreux, tels que le bois de sapin, la porcelaine

2° *Employer des substances métalliques dont les surfaces ne soient jamais polarisées de manière à donner lieu à des courants secondaires inverses du courant principal* (1) ;

3° *Choisir des liquides qui servent à produire le courant, de manière que les lames métalliques soient toujours très-propres, ce qu'on obtient en les choisissant de manière qu'ils dissolvent les substances à mesure qu'elles se déposent sur les lames par l'effet du courant.*

Ces principes ont donné lieu à la construction d'une grande variété de piles à deux liquides ; telles sont celles de MM. Becquerel, Daniell, Bunsen, Schœnbein, Grove, Delarive, Archereau, etc.

Nous donnerons seulement quelques détails sur la

---

dégourdie, le kaolin, l'argile, le carton, etc., peuvent être employés dans la construction des diaphragmes. (Becquerel.)

(1) Les substances les plus propres à éviter la polarisation, ou production du courant en sens inverse, sont pour les appareils simples : deux métaux dont l'un soit oxydable ou producteur d'électricité, lequel, étant attaqué par un liquide, prend l'électricité négative, tandis que le liquide prend la positive qui est recueillie par le métal non oxydable. (Becquerel).

L'amalgamation du zinc est aussi une condition très-favorable à la régularité des courants, car la surface du zinc, devenant ainsi parfaitement homogène, les actions chimiques sont identiques sur tous les points. Les recompositions locales des fluides, résultats inévitables de l'hétérogénéité, sont ainsi éliminées.

(J. Regnault.)

pile de Daniell, employée dans les télégraphes français, parce qu'elle paraît donner le plus longtemps des courants constants ; et sur celle de Bunsen, remarquable par sa simplicité et son énergie.

1° *Piles de Daniell.*

L'appareil de Daniell a été modifié de plusieurs manières quant aux dispositions des parties constitutives des éléments ; mais ces modifications sont peu importantes, et la disposition suivante est généralement adoptée.

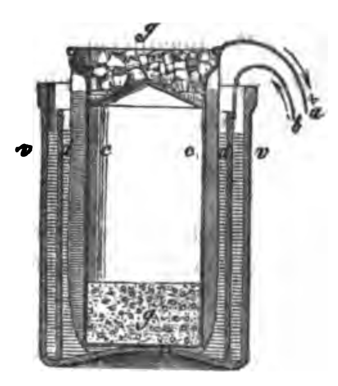


Fig. 3.

Un cylindre en cuivre creux C, fermé aux deux bouts, lesté avec du sable S et surmonté d'une galerie à jour *g* garnie de sulfate de cuivre, plonge dans un sac, ou diaphragme en toile à voile, en baudruche, etc., contenant une solution saturée de sulfate de cuivre. Un cylindre de zinc Z amalgamé, fendu sur une gé-

nératrice et ouvert par les deux bouts, entoure le diaphragme. Le tout plonge dans une dissolution d'eau salée (1) contenue dans un vase en verre ou en faïence V, et maintenue au-dessous du niveau de celle du sulfate de cuivre.

Les cylindres de cuivre et de zinc portent chacun un petit appendice qui constitue un pôle de l'élément et sert à fixer, soit le conducteur, soit l'appendice d'un autre couple, pour former une pile de plusieurs éléments.

Cette pile satisfait aux conditions posées par M. Becquerel, car, lorsque les deux appendices *a b* sont unis par un conducteur, le courant décompose le sulfate de cuivre. Le cuivre de ce sel se porte sur le cylindre de même métal dont la surface reste brillante, ce qui prouve qu'elle n'est pas *polarisée*. Le zinc amalgamé en raison de ses propriétés est très-peu polarisé, de sorte que l'intensité du courant reste sensiblement constante. Cette disposition des métaux a l'inconvénient de n'employer la réaction du liquide que sur une des surfaces du cylindre de zinc pour produire le courant.

On a remédié à cet inconvénient en adoptant une autre disposition, qui consiste à placer dans le vase V un cylindre en cuivre C supportant un entonnoir de forme triangulaire, et dans ce cylindre un dia-

(1) L'eau salée donne un courant moins énergique que l'eau acidulée, mais fait fonctionner l'appareil plus longtemps.

phragme D en toile ou en porcelaine dégourdie, contenant une lame épaisse de zinc z.

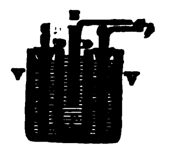


Fig. 4.

Pour mettre la pile en activité, on verse dans l'intérieur du diaphragme une dissolution saturée de sulfate de zinc, et dans la partie du vase qui contient le cylindre de cuivre, une dissolution de sulfate de cuivre. Afin de maintenir constamment la même proportion de sel dans ce dernier liquide, on place, dans la galerie à jour portée par le cylindre de cuivre, des cristaux de sulfate de cuivre. La partie inférieure de la galerie doit plonger dans le liquide.

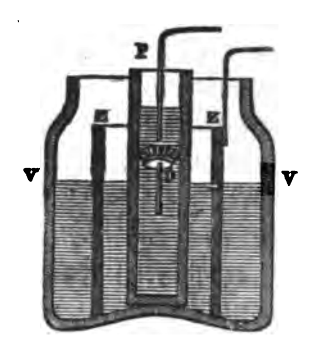


Fig. 5.

Cette pile a reçu de M. Bréguet quelques modi-

fications, qui ont pour objet de rendre son jeu plus régulier et plus durable. L'élément modifié se compose (1) :

1° D'un vase de verre V ;

2° D'un cylindre de zinc Z ;

3° D'un vase cylindrique en terre poreuse P ;

4° D'un diaphragme en cuivre fixé à une bande de cuivre soudée au zinc ; ce diaphragme plonge dans le vase poreux.

La figure ci-jointe indique suffisamment la disposition de ces parties constitutives de l'élément.

M. Bréguet emploie le sulfate de cuivre et l'eau telle qu'elle se trouve partout sans acide. Pour mettre l'élément en activité, on verse dans le vase en verre de l'eau jusqu'à $0^{m},05$ du bord supérieur ; on en verse aussi dans le vase poreux, de manière que le niveau soit toujours de $0^{m},02$ au-dessous du bord ; on met sur le diaphragme 15 à 20 grammes de sulfate de cuivre, et alors la pile est prête à fonctionner. Toutefois elle n'acquiert son intensité entière qu'une heure après, lorsque l'eau est devenue bleue dans le vase poreux par l'effet de la dissolution des cristaux de sulfate de cuivre.

M. Bréguet donne les conseils suivants pour rendre parfait l'entretien de la pile, ce qui est indispensable pour obtenir une égalité d'action : maintenir le ni-

(1) *Manuel de télégraphie électrique*, 1851.

veau de l'eau à une hauteur constante dans le vase poreux, ajouter quelques cristaux de sulfate de cuivre dès que l'on voit la couleur bleue pâlir, car il est très-important de maintenir cette couleur bleue pour conserver à la pile son maximum d'effet. Il désapprouve la méthode qui consiste à mettre beaucoup de cristaux sur le diaphragme comme vicieuse, parce que la consommation du sel est alors considérable, sans accroissement notable pour l'énergie du courant, et que c'est une dépense inutile ; il est essentiel que le fond de la boîte, qui renferme les éléments, soit aussi sec que possible. M. Bréguet dit dans sa brochure qu'une pile ainsi disposée, conserve son activité quelquefois *six mois entiers* et plus, sans qu'on ait besoin de toucher un seul élément. Cependant il recommande, comme une précaution utile, de remplacer les piles tous les trois mois.

2° *Piles de Bunsen.*

La pile de Bunsen est remarquable par l'intensité des effets qu'elle produit, la simplicité et le bon marché de ses éléments. L'élément de Bunsen, analogue à celui de Daniell (fig. 4), en diffère 1° en ce que le cylindre de cuivre est remplacé par un de charbon C convenablement calciné et condensé ; 2° en ce

que ses liquides actifs sont : de l'acide sulfurique étendu d'eau dans le diaphragme D, ou vase en



Fig. 6.

terre poreuse, dans lequel plonge le cylindre de zinc ; de l'acide nitrique ordinaire dans la partie du vase V en verre ou en faïence, dans lequel plonge le cylindre de charbon C.

Des appendices métalliques *a b* sont fixés, l'un au cylindre de zinc, l'autre au cylindre creux de charbon.

MM. Lemolt et Archereau ont eu l'idée de renverser cette disposition, c'est-à-dire de remplacer le cylindre creux en charbon par un en zinc, le cylindre plein en zinc par un prisme de charbon, et par conséquent les liquides l'un par l'autre. Cette disposition, comme on le voit, est semblable à celle de l'élément de Daniell, n° 1.

Cette disposition est préférable à la précédente, parce que : 1° elle donne des effets plus constants, à cause de la plus grande dimension du vase dans lequel se dépose le sulfate insoluble de zinc ; 2° elle

produit un courant plus intense, presque double; 3° elle est plus économique, parce que le vase où l'on verse l'acide le plus cher, l'acide nitrique, est le plus petit; mais elle a l'inconvénient de dégager dans l'air une assez grande quantité d'acide nitreux.

§ 4.

Machines électro-magnétiques.

Parmi les appareils générateurs d'électricité fondés sur les actions physiques, nous citerons les machines électro-magnétiques et les piles thermo-électriques.

La construction des machines électro-magnétiques génératrices de courants repose sur les propriétés des *courants d'induction* produits dans un circuit donné par un aimant naturel. Ainsi, si on approche des extrémités d'un fer à cheval en fer doux, autour desquelles est enroulé un grand nombre de fois un fil métallique isolé et formant un circuit fermé, celles d'un aimant naturel, courbé aussi en fer à cheval, un *courant d'induction* naîtra dans le circuit; et si on écarte l'un de l'autre ces fers à cheval, il se manifestera un courant contraire. La même chose aura lieu si on oppose l'un à l'autre es pôles opposés.

Ces courants d'induction sont de très-courte du-

rée; mais si on fait tourner l'aimant naturel de manière qu'il présente successivement ses deux pôles à chacun de ceux du fer doux, on obtiendra ainsi une succession de courants contraires.

On est parvenu, au moyen de dispositions ingénieuses, à obtenir un courant agissant dans un seul sens, soit en recueillant seulement les courants d'un seul sens, comme avec l'appareil de M. Pixii, soit en réunissant les deux séries de courants contraires, de manière à les faire agir dans le même sens, comme dans l'appareil de M. Stohrer, de Leipzig, etc.

Ces appareils donnent des courants d'une intensité constante; mais leur prix généralement élevé, la dépense que causerait leur emploi, prolongé sans interruption par suite de la nécessité d'un moteur, font qu'ils sont peu employés, et qu'on préfère les piles à courant constant, moins coûteuses et très-faciles à employer. Cependant on en a construit d'assez simples, qui pourraient être employées dans les expériences de courte durée comme celles relatives au service de l'artillerie.

§ 5.

Piles thermo-électriques.

Les rapports entre l'électricité et la chaleur sont tellement intimes, que la production de l'une est or-

des poudres en usage chez toutes les puissances, en poudre de *guerre*, de *chasse* et de *mine*. Laissant à part ces dernières, dont l'usage tout spécial nécessite aussi un dosage spécial, et peut bien tolérer des soins moins minutieux, des moyens de fabrication et des matériaux moins coûteux. l'auteur se récrie sur l'usage généralement suivi, de prodiguer de plus grands frais pour les poudres actuelles de chasse que pour les poudres de guerre, usage qu'il traite, non sans raison, d'absurde et antinational, puisque les premières ne servent que comme moyen de passe-temps, tandis que sans les secondes, la gloire et l'indépendance des nations sont et seront toujours de vains mots. Il voudrait plutôt mettre dans la même classe les poudres de chasse et celles de guerre, employer le même dosage, donner les mêmes soins aux unes et aux autres, et distinguer seulement dans l'espèce de charbon, comme on distingue généralement dans le grain, les poudres à canon de celles à fusil (de paix et de guerre), et il fonde la nouvelle classification qu'il propose sur les trois motifs suivants :

1° Les armes légères de guerre et de chasse étant à peu près de même calibre et de même longueur, et les charges à peu près égales, surtout depuis que, par l'institution chez quelques puissances et l'augmentation chez les autres de la troupe légère (bersagliers ou chasseurs spéciaux), on a introduit dans le matériel de guerrre un grand nombre de cara-

bines, la poudre qui fait bon effet dans une de ces catégories d'armes doit le faire de même dans l'autre, tandis que les armes et les charges étant différentes, comme il arrive pour les canons et les fusils, les poudres qui réussissent le mieux dans les uns réussissent moins bien dans les autres, et réciproquement. Il est reconnu en effet que dans les canons, et principalement ceux de grand calibre, on peut plutôt retarder qu'accélérer la combustion de la poudre, et on l'obtient maintenant presque partout avec un grain plus gros, tandis que dans les armes légères on veut une combustion plus rapide, et on l'obtient maintenant avec un grain plus fin, et quelquefois aussi, comme en France et en Piémont, pour la poudre de chasse, avec un charbon de combustion plus facile et plus prompte. Donc sous ce rapport, ce sont plutôt les poudres à canon qui doivent être séparées de celles à fusil (de paix et de guerre), que les poudres de guerre de celles destinées à la chasse.

2° Le général Sobrero observe, dans son mémoire, que le charbon obtenu dans les fours, fosses ou chaudières, par le procédé même de la combustion, contient toujours une certaine quantité de cendres plus ou moins hygrométriques à cause des carbonates alcalins qu'elles renferment, et que cette propriété rend ces charbons moins propres à la conservation des poudres. Or, une légère dégradation dans les poudres peut bien être tolérée dans les grandes charges d'artillerie, puisqu'il est prouvé que

les portées en sont très-peu variées, en raison de la température élevée produite par ces grandes charges ; mais elle ne peut et ne doit pas être tolérée dans les petites armes, parce que les charges y étant très-petites, la poudre doit y être de combustion prompte. Il s'ensuivrait que si les charbons en question peuvent être, à défaut d'autres, tolérés dans la poudre à canon, ils ne doivent jamais l'être dans la poudre à fusil, de chasse ou de guerre quelle qu'elle soit.

3° La séparation des poudres à canon de celles à fusil permet d'ailleurs d'adopter, pour les premières, un charbon plus dense et plus riche en carbone quoique d'une combustion un peu moins prompte ; il y est même plus utile et plus en rapport avec le vœu auquel satisfait Piobert avec ses charges longues et étroites : celui de diminuer un peu la tension du gaz produite par la combustion de la poudre dans les premiers instants où elle tend à croître avec une immense célérité, et, par la formation d'un peu d'oxyde de carbone, d'augmenter le volume gazeux, quand la tension, après les premiers instants, vient à décroître avec la même célérité qu'elle avait eue à s'agrandir auparavant ; tandis que dans les armes légères, une égale quantité de charbon, moins riche en carbone et plus facilement combustible, ne donne pas lieu à la formation d'oxyde de carbone, mais plutôt à un peu de vapeur d'eau plus légère encore que l'oxyde de carbone ; la température est la plus élevée que possible par suite de la vitesse de com-

bustion, et, par conséquent l'effet dynamique de la poudre arrive au plus haut point dans ces armes.

A ceux qui seraient d'avis qu'un excès de soufre peut être nécessaire aux poudres de guerre pour les rendre moins sensibles à l'humidité et plus résistantes aux transports, le général Sobrero fait observer que cette plus grande inaltérabilité à l'humidité et aux transports, il vaut bien mieux la leur donner par une plus grande densité, qui leur procurerait en même temps plus d'homogénéité et de rapprochement entre les molécules, que de la leur donner par un excès de soufre, qui refroidit et retarde la combustion, et tend à encrasser les armes de produits fixes, peu solubles, et, par conséquent, très-gênants au service, spécialement dans les petites armes.

Si le général Sobrero n'oublie pas l'article économie, il n'entend cependant pas le placer au premier rang. Au plus de coût de ses poudres à canon et à fusil, qu'il voudrait tout aussi denses, au moins, et homogènes que les poudres actuelles de chasse, il oppose la diminution qu'on pourra faire dans les charges avec sa poudre, qui sera, certes, plus forte que l'actuelle, et la diminution qui s'en suivra dans le nombre des chariots destinés à la transporter en campagne, autre avantage très-appréciable. Quant aux ressources que trouve maintenant le gouvernement dans la vente des poudres de chasse mal dosées, il croit qu'au lieu de tarir elles s'augmenteront, au

contraire, de beaucoup par la vente des poudres qu'on pourrait fabriquer avec les pulvérins de la poudre à fusil, en opérant sur ceux-ci, comme on procède en France avec les résidus et pulvérins des poudres de chasse au moyen desquels, malgré leur mauvais dosage, on obtient cependant, en leur donnant facilement plus de finesse et de densité, des poudres dites fines et superfines qui jouissent de quelque réputation.

Le général Sobrero se prononce donc, en définitive, en faveur du même dosage pour la poudre à canon et la poudre à fusil, avec la seule différence, que pour les premières il demande du charbon distillé noir, à 25 p. 0/0 du bois distillé, et subsidiairement, seulement, le charbon obtenu par les anciennes méthodes (fours, fosses ou chaudières); et pour les secondes il demande exclusivement du charbon distillé roux, à 30 à peu près p. 0/0 du bois distillé.

Analyse de la dernière section de la 3ᵉ *partie du mémoire susdit.*

(*Journal de Turin* du 6 octobre 1852, n° 49.)

Dans la dernière section de son mémoire, l'auteur fixe le dosage qu'il croit devoir proposer définitive-

ment pour les poudres à canon et à fusil, et pour les poudres de mine.

Il paraîtrait naturel, d'après tout le contenu de son mémoire, qu'il proposât pour les premières le dosage qu'il a appelé *rationnel* ou *normal* composé de :

Nitre,	75	
Carbone,	13,35	100,22.
Soufre,	11,87	

lequel, en raison de la contenance de carbone dans le charbon ou de l'hydrogène qui le représente se réduirait à :

Nitre,	75	
Carbone,	14,83	101,70.
Soufre,	11,87	

Mais quelques considérations le portent à modifier un peu son dosage ; ces considérations sont les suivantes :

1° Quant au rapport entre le nitre et le charbon, il observe qu'il est reconnu en chimie que, quand on met en contact deux corps qui ne sont pas tous les deux à l'état naissant, il est difficile qu'un des deux soit entièrement consommé si l'autre n'est pas en excès, et par conséquent, dans notre cas, il faudra, ou mettre plus d'oxygène (et par suite de nitre) pour consommer tout le charbon, ou plus de charbon pour consommer tout l'oxygène. Mais en mettant

plus d'oxygène, deux inconvénients s'ensuivent :

2 L'excès d'oxygène se portera sur le sulfure de potassium avec formation de sulfate de potasse, produit nuisible qu'on doit chercher à éviter autant que possible. 2° L'excès d'oxygène ou de nitre porte excès de potasse qui restera indécomposée et déterminera la formation de carbonate de potasse, autre produit fixe, qu'il faut aussi tâcher d'éviter, soit pour lui-même, soit pour la diminution qui s'ensuit dans l'acide carbonique libre; tandis qu'un petit excès de charbon ne pourrait qu'engendrer un peu d'oxyde de carbone dans les armes pesantes, ce qui ne serait pas un mal, ainsi qu'on l'a vu, ou déterminer un peu de résidu de charbon, ce qui serait aussi sans inconvénients : Donc sous ce rapport, il se détermine pour un léger excès de carbone.

3° Quant au soufre, il observe que, vu l'impossibilité d'avoir l'homogénéité parfaite dans la poudre, si le soufre se trouvait dans la masse en proportion juste, il serait impossible qu'il ne fût pas en excès quelque part, et y portât ses effets nuisibles, de refroidir et retarder la combustion, et d'engendrer des produits solides et fixes; il se prononce donc pour un léger défaut de soufre, de sorte qu'il réduit son dosage pour la poudre à canon et à fusil (de paix et de guerre), à :

Nitre,	75	
Charbon,	15	101,50.
Soufre,	11,50	

dosage qui revient à celui de :

Nitre,	75	100.
Carbone,	13,50	
Soufre,	11,50	

si l'on tient compte de la quantité de carbone que nous avons supposé, avec l'auteur, existante, ou représentée dans nos charbons.

Quant aux poudres de mine, l'auteur, voulant avoir égard à sa conservation, ainsi qu'il l'a dit plus haut, l'arrête au dosage de :

Nitre,	64,36	100.
Carbone,	15,37	
Soufre,	20,37	

dosage qui donne plus de 35 litres de gaz sur 100 grammes de poudre, et, tenant compte de sa contenance de carbone, ou d'hydrogène qui le représente, revient à :

Nitre,	63,29	100.
Charbon,	16,68	
Soufre,	20,03	

Quant à la qualité du charbon à employer dans la poudre de mine, il ne voit nulle difficulté d'y conserver, pour plus d'économie, le charbon préparé par les anciennes méthodes.

L'auteur vient enfin à formuler les propositions suivantes en rapport avec son mémoire.

1° Abroger la classification actuelle des poudres, et y substituer la suivante : poudre à *canon*, poudre à *fusil*, poudre de *mine*.

2° Fixer le dosage des poudres à canon et à fusil (chasse et guerre) à :

Nitre,	75		Nitre,	75
Charbon,	15	ce qui revient à :	Carbone,	13,50
Soufre,	11,50		Soufre,	11,50
	101,50			100,00

et pour celle de mine :

Nitre,	63,30
Charbon,	16,70
Soufre,	20,00
	100,00

3° Fixer que le charbon pour les poudres à canon et à fusil soit tout préparé par distillation ; mais que celui destiné aux premières le soit par une distillation conduite de manière à ce que le rendement en charbon ne soit que de 25 p. 0/0 du bois distillé, soit charbon noir, et celui destiné aux poudres à fusil soit légèrement roux, comme on peut l'obtenir par une distillation tellement ménagée, que le rendement en charbon soit le 30 p. 0/0 du bois distillé ; cependant qu'à défaut de charbon distillé dans la poudre à canon, et en cours ordinaire pour la poudre de mine, le charbon obtenu par les anciens procédés (fours, fosses, ou chaudières), soit admis.

4° Établir le principe : que les poudres à canon et à fusil soient, quant à la densité et à l'homogénéité, au moins égales aux poudres actuelles de chasse, quels que soient les mécanismes dont on croira devoir se servir pour les fabriquer ; retenant toutefois, que l'usage des meules fournissant seulement la densité et non l'homogénéité, ne devra être admis que quand l'homogénéité *aura été obtenue autrement.*

5° Fabriquer avec les pulvérins des poudres à fusil, des poudres *fines* et *superfines* de chasse à la disposition du public, en opérant comme on le fait en France avec les pulvérins de la poudre de chasse.

6° Dès qu'on se sera procuré une quantité suffisante des poudres ci-dessus, à canon ou à fusil, entreprendre avec le pendule balistique les expériences nécessaires pour déterminer de combien on pourra diminuer les charges actuelles des canons et des fusils, et carabines de guerre.

Conclusion.

Nous ne devons pas omettre, avant de terminer cet extrait, de noter, avec le général Sobrero, que les

résultats pratiques que l'on obtiendra avec les poudres ne concorderont jamais, quoi qu'on fasse, avec les résultats théoriques. Plusieurs causes s'y opposent, dont quelques-unes ne peuvent être qu'atténuées, d'autres tout à fait éliminées. Nous citerons, parmi les premières, le manque de ténuité absolue dans les éléments de la poudre et de leur homogénéité, que le pulvériste doit cependant chercher à obtenir le mieux que possible, et parmi les secondes, les dosages que le pulvériste doit bien étudier : Mais il est de fait que mieux on parviendra à éliminer les causes perturbatrices évitables, et à atténuer celles qui sont inévitables, plus les résultats pratiques se rapprocheront des résultats théoriques ; et en tous cas les dosages trouvés les meilleurs théoriquement, sont comme le centre autour duquel doivent rouler de bien près les expériences, desquelles doit sortir le meilleur dosage pratique.

On ne peut donc pas contester, que par le mémoire dont nous venons de donner l'analyse, le champ des expériences à faire pour trouver le meilleur dosage pratique des poudres se trouve compris entre des limites très-resserrées, et c'est là un service essentiel que le général Sobrero rend à ses camarades, à tous les officiers de l'armée et à son pays. Mais ce qui est peut-être encore plus essentiel, c'est qu'il a mis en évidence, et à la portée des personnes les moins avancées dans les sciences physico-chimiques, le moyen de juger d'avance de l'influence qu'apporte,

dans les produits solides et gazeux des poudres, la moindre variation dans leur dosage, de sorte que son livre pourrait s'intituler :

Théorie chimique des poudres à feu, mise à la portée de tout le monde.

ANNONCE.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE 12e VOLUME DE LA 3e SÉRIE.

N° 7.

N° 8.

N° 9.

N° 10.

N° 11.

N° 12.

FIN DE LA TABLE DU TOME 12 DE LA 3e SÉRIE.

Paris. — Imprimerie H. V. de Surcy et Ce, rue de Sèvres, 37.

DICTIONNAIRE DE L'ARMÉE

PAR LE GÉNÉRAL BARDIN,

Le grand ouvrage de *Bardin*, véritable encyclopédie des gens de guerre, a été honoré du puissant patronage du chef de l'armée. M. le Ministre de la guerre a autorisé les conseils d'administration de tous les corps de l'armée à souscrire, sur les fonds de la masse générale d'entretien, au DICTIONNAIRE DE L'ARMÉE.

Les 17 parties de ce Dictionnaire, qui comprennent 5,337 pages, sont réunies en *quatre volumes*. 119 fr.

PRINCIPES DE LA GRANDE GUERRE

SUIVIS D'EXEMPLES TACTIQUES RAISONNÉS DE LEUR APPLICATION,

A l'usage des généraux de l'armée autrichienne, par le Prince CHARLES D'AUTRICHE, traduit de l'allemand par ED. DE LA BARRE DUPARCQ, capitaine du génie, professeur d'art militaire à l'école de Saint-Cyr. Publication officielle composée d'un vol. grand in-folio avec 25 cartes ou plans coloriés avec le plus grand soin. 125 fr.

HISTOIRE DE L'ANCIENNE INFANTERIE FRANÇAISE

Avec atlas

Renfermant la série complète, dessinée par Philippoteaux, et coloriée avec beaucoup de soin, des uniformes et des drapeaux des anciens corps de troupes à pied, par LOUIS SUSANE, chef d'escadron d'artillerie.

L'ouvrage sera composé de 8 vol. in-8° avec atlas de 150 pl. 120 fr. Six volumes sont en vente.—Les tomes 7 et 8 paraîtront prochainement.

RECUEIL DES BOUCHES A FEU

Les plus remarquables, depuis l'origine de la poudre à canon jusqu'à nos jours.

Commencé par M. le général d'artillerie MARION, et continué, sur les documents fournis par MM. les Officiers des armées françaises et étrangères, par Martin de Brettes, capitaine d'artillerie et J. CORREARD, directeur du *Journal des Sciences militaires*.

L'ouvrage sera divisé en trois parties :

La première partie sera composée des planches 1 à 80 (livraisons 1 à 20) ;

La deuxième partie sera composée des planches 81 à 100 (livraisons 21 à 25 ;

La troisième partie sera composée des planches 101 à 120 (livraisons 26 à 30).

Cette publication se fera par livraisons successives de quatre planches rand in-folio, accompagnées de texte in-4°. 23 livraisons sont en vente u prix de 15 fr. chacune. L'ouvrage sera terminé prochainement.


Stanford University Libraries
3 6105 015 329 498